

SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN PARA COMDINOX INGENIERÍA S.A.S

JUAN CARLOS MURCIA MARTÍNEZ
KILIAN ERNESTO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2013

SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN PARA COMDINOX INGENIERÍA S.A.S

JUAN CARLOS MURCIA MARTÍNEZ
KILIAN ERNESTO SÁNCHEZ RODRÍGUEZ

PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR
MBA. EVER ÁNGEL FUENTES ROJAS

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2013

HOJA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado “Sistema de planeación, programación y control de la producción para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S” realizado por los estudiantes Juan Carlos Murcia Martínez y Kilian Ernesto Sánchez Rodríguez con códigos 062081081 y 062081088 respectivamente, cumple con todos los requisitos legales exigidos por la Universidad Libre para optar al título de Ingeniero Industrial.

Director de proyecto

Jurado 1

Jurado 2

Bogotá D.C, septiembre de 2013

AGRADECIMIENTOS

A COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. por brindarnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto en sus instalaciones, por el apoyo y asesorías prestadas por parte de cada miembro de la organización.

Agradecemos la colaboración, apoyo, asesoría y soporte a nuestro director, el Ingeniero Ever Fuentes, ya que fue él quien direccionó nuestro proceso final de proyecto de grado.

A nuestras familias, amigos y profesores de la comunidad Unilibrista los cuales estuvieron como soporte durante todo nuestro proceso educativo.

RESUMEN

El sector metalúrgico ha evolucionado en su forma de funcionamiento, sobresaliendo en aspectos logísticos, operacionales y administrativos, por lo tanto aquellas organizaciones que sean insuficientes en estos factores empresariales están destinadas a desaparecer. COMDINOX INGENIERÍA S.A. en su carrera por mantenerse en el mercado, realizó una observación de su funcionamiento, determinando factores nocivos (Identificados en la parte operativa, consecuencia de la gestión empírica de la actividad de manufactura) los cuales le generaban problemáticas como incumplimiento de las órdenes de trabajo, sanciones monetarias por entregas tardías, reprocesos y desperdicio de material. Como medida correctiva decidió buscar una mejora en su parte operacional.

Con base a las necesidades presentadas, se realizó la recopilación de información necesaria con el fin de determinar mediante que mecanismo se podría llegar a eliminar aquellos factores que perjudican el adecuado funcionamiento de la elaboración de tanques en acero inoxidable, identificando las herramientas ingenieriles que fueran pertinentes para la naturaleza del sistema productivo.

El presente proyecto es el desarrollo de un sistema de planeación, programación y control de la producción, que tiene como objetivo satisfacer las falencias de la actividad de manufactura de la organización, empleando una metodología conformada por: Diagnóstico de la empresa, selección del sistema de producción, aplicación de herramientas ingenieriles, validar a través de una simulación, generar los indicadores de gestión y por último realizar la evaluación financiera.

Luego de aplicarse la metodología se le presenta a la empresa en qué aspectos se obtuvo mejora, y como a partir de estos puntos se ejerce una gestión de seguimiento hacia sus factores críticos de éxito, con el fin de detectar falencias y tomar sus respectivas medidas correctivas a tiempo, u oportunidades de mejora continua.

Palabras claves: Producción, sistema, planeación, programación, control, gestión.

Abstract

The metalworking industry has evolved in the way it works, excelling in logistics, operational and administrative therefore those organizations that are insufficient in these business factors are destined to disappear.

COMDINOX ENGINEERING SAS in their race to stay in the market, made an observation of its operation, determining harmful factors (Identified in the operative part, the result of empirical management of manufacturing activity) which will generate problems such as breach of orders work, monetary penalties for late deliveries, rework and wasted material. As a corrective measure decided to seek improvement in its operational part.

Based on the needs presented, was collecting information necessary to determine by which mechanism could eventually eliminate those factors that hamper the proper functioning of the production of stainless steel tanks, identifying engineering tools that were relevant to the nature of the production system.

This project is developing a system for planning, scheduling and production control, which aims to meet the shortcomings of the manufacturing activity of the organization, using a methodology consisting of: Diagnosis of the company, system selection production, application of engineering tools, validated through a simulation, generate management indicators and finally make the financial evaluation.

After applied the methodology is presented to the company in which aspects improvement was obtained, and how from these points is exerted tracking management to their critical success factors in order to detect their weaknesses and take corrective action time, or opportunities for improvement.

Keywords: Production, system, planning, programming, control, management.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.7
JUSTIFICACIÓN.	18
1. GENERALIDADES.	19
1.1 PROBLEMA.	19
1.1.1 Descripción del problema.	19
1.1.2 Formulación del problema.	20
1.3 OBJETIVOS.	22
1.3.1 General.	22
1.3.2 Específicos.	22
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO.	23
1.5 METODOLOGÍA.	24
1.5.1 Tipo de investigación.	24
1.5.2 Cuadro metodológico.	24
1.5.3 Marco normativo.	28
1.5.4 Marco legal.	33
1.6 MARCO REFERENCIAL.	35

1.6.1	Presentación de la empresa.	35
1.7	ANTECEDENTES.	40
1.8	MARCO TEÓRICO.	45
1.8.1	Gráfica de Gantt.	45
1.8.2	Método de la ruta crítica (CPM).	45
1.8.3	Método PERT- COST.	47
1.8.4	Programa maestro de producción.	48
1.8.5	Programación hacia adelante (Enfoque empujar).	49
1.8.6	Secuenciación de la producción.	49
1.8.7	Control de la actividad de producción (CAP).	50
1.8.8	Simulación.	51
1.8.9	Tipos comunes de aplicaciones de simulación.	52
1.8.10	Indicadores de gestión.	53
1.9	MARCO CONCEPTUAL.	55
2.	DESARROLLO DEL PROYECTO.	60
2.1	DIAGNÓSTICO DE FACTORES CRÍTICOS.	60
2.2	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.	70
2.3	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS INGENIERILES.	79

2.4	VALIDACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE UNA SIMULACIÓN.	94
2.5	PROCESO DE EVALUACIÓN MEDIANTE INDICADORES DE GESTIÓN.	110
2.6	EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROCESO.	116
	CONCLUSIONES.	124
	RECOMENDACIONES.	126
	BIBLIOGRAFÍA.	127
	INFOGRAFÍA.	127
	ANEXOS.	128

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama causa efecto.	20
Figura 2. Importaciones metalmecánicas 2007-2011 en toneladas.	42
Figura 3. Matriz Influencia – Dependencia.	66
Figura 4. Árbol jerárquico de decisión.	70
Figura 5. Sistema de planeación, programación y control de producción.	78
Figura 6. Diagrama de flujo de proceso actual.	82
Figura 7. Diagrama de hilos actual.	83
Figura 8. Diagrama de hilos propuesto.	84
Figura 9. Diagrama de flujo propuesto.	85
Figura 10. Número de centros y órdenes de trabajo.	87
Figura 11. Nombramiento de centros de trabajo.	87
Figura 12. Asignación tiempos de procesamiento.	88
Figura 13. Comparación reglas de secuenciación.	89
Figura 14. Secuencia de las órdenes de trabajo.	90
Figura 15. Diagrama Gantt ordenes de trabajo.	91
Figura 16. Diagrama tiempos de procesamiento por orden de trabajo.	92
Figura 17. Ventana locations.	100
Figura 18. Ventana entities.	101

Figura 19. Ventana arrivals.	101
Figura 20. Ventana process.	102
Figura 21. Ventana routing for.	102
Figura 22. Ventana resources.	103
Figura 23. Ventana path networks.	104
Figura 24. Layout antes de correr la simulación.	104
Figura 25. Factores críticos de éxito del sistema de producción para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.	110
Figura 26. Hoja de vida indicador gestión porcentaje de proyectos con incumplimiento de entrega.	111
Figura 27. Hoja de vida indicador gestión estado de las órdenes de producción.	112
Figura 28. Hoja de vida indicador gestión relación entre el costo planeado y real de producción.	113
Figura 29. Hoja de vida indicador gestión porcentaje material desechado.	114
Figura 30. Hoja de vida indicador gestión productividad.	115

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de influencias.	65
Tabla 2. Matriz de decisión.	68
Tabla 3. Criterios - Seleccionar el sistema de producción.	71
Tabla 4. Subcriterios – Planeación.	72
Tabla 5. Subcriterios – Programación.	72
Tabla 6. Subcriterios – Control.	73
Tabla 7. Subcriterios – Operarios.	73
Tabla 8. Alternativas - Modelo de planeación.	74
Tabla 9. Alternativas – Flexibilidad.	74
Tabla 10. Alternativas - Estándar nivel de servicio.	75
Tabla 11. Alternativas - Secuencia de elaboración de productos.	75
Tabla 12. Alternativas - Programación de recursos.	76
Tabla 13. Alternativas - Programación de actividades.	76
Tabla 14. Alternativas - Evaluación y gestión del proceso de producción.	77
Tabla 15. Pérdidas por mantenimiento preventivo.	79
Tabla 16. Pérdidas estándar factores organizacionales externos.	80
Tabla 17. Consolidado factores de pérdidas estándar.	80
Tabla 18. Locations.	105
Tabla 19. Location states by percentage.	106

Tabla 20. Entity activity y entity states by percentage.	108
Tabla 21. Validación del sistema.	109
Tabla 22. Costo de materia prima directa.	116
Tabla 23. Costos de materiales indirectos.	117
Tabla 24. Costo de mano de obra directa.	117
Tabla 25. Gastos indirectos de fabricación.	117
Tabla 26. Cuadro general de costos.	118
Tabla 27. Precio de venta.	118
Tabla 28. Cuadro de ventas pronosticadas por trimestre.	118
Tabla 29. Costos de implementación.	119
Tabla 30. Estudio del proyecto	120
Tabla 31. Inversiones.	121
Tabla 32. Cuadro de flujo de caja.	122

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 1. Ubicación de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.	23
Imagen 2. Lámina acero inoxidable.	94
Imagen 3. Almacén.	95
Imagen 4. Sección de corte.	95
Imagen 5. Bombeadora.	96
Imagen 6. Bombeadora Pequeña.	96
Imagen 7. Pestañadora.	97
Imagen 8. Roladora.	97
Imagen 9. Proceso de maquinado.	98
Imagen 10. Zona de ensamble.	98

LISTA DE FÓRMULAS

	Pág.
Fórmula 1. Capacidad instalada.	80
Fórmula 2. Capacidad disponible.	81

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Cuadro metodológico.	25
Cuadro 2. Código ASME.	28
Cuadro 3. Normas API.	29
Cuadro 4. Aspecto legal.	33
Cuadro 5. Aspecto legal CST.	34
Cuadro 6. Principales diez productos exportados TLC Colombia-Chile.	37
Cuadro 7. Principales productos exportados TLC Colombia-Triángulo norte.	38
Cuadro 8. Principales diez productos exportados TLC Grupo de los tres.	39
Cuadro 9. Cronología de las empresas metalmecánicas en Colombia.	40
Cuadro 10. Matriz DOFA.	60
Cuadro 11. Declaración de variables.	63
Cuadro 12. Calificación método AHP.	71
Cuadro 13. Consecutivo órdenes de trabajo Marzo de 2013.	86

INTRODUCCIÓN

El sector metalmecánico ha estado en un constante avance en sus técnicas de manufactura, debido al incremento del entorno competitivo. Por lo tanto las empresas colombianas deben adoptar herramientas ingenieriles para obtener mejores resultados en sus procesos de producción. COMDINOX INGENIERÍA S.A.S, en su visión de convertirse en líderes del sector metalmecánico, ha integrado varios aspectos a tener en cuenta a nivel organizacional. Uno de estos se manifiesta en el sector operativo, donde la producción debió recibir un fundamento técnico y analítico para lograr un proceso óptimo en la elaboración de tanques en acero inoxidable.

En busca de lograr el objetivo de establecer buenas técnicas de manufactura, se desarrollo un sistema de planeación, programación y control de la producción, fundamentado en herramientas ingenieriles, con el fin de abordar todos los procesos de elaboración del producto.

Para la realización de este proyecto se siguió un orden el cual consistió en: Identificar los factores críticos que no generaban un buen desempeño en la organización, la selección del sistema adecuado para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S y la aplicación de las herramientas ingenieriles para el desarrollo del programa. Para que este desarrollo tuviera validez se realizó una simulación, y una evaluación mediante indicadores de gestión y financieros.

Este trabajo es una evidencia de cómo las organizaciones deben adquirir cada vez mas métodos tecnificados y sustentados, en pro de alcanzar el objetivo principal de la organización y establecer una fidealización a largo plazo con los clientes.

JUSTIFICACIÓN

La competitividad organizacional en el país, está en un aumento constante, donde las características empresariales tales como tecnología, organización, logística y sistemas de producción, son las que imponen la pauta en el mercado y brinda la diferencia ante los demás competidores, por lo tanto las empresas que no adopten estrategias adecuadas, no se mantendrán activas por un período a largo plazo.

En busca de posicionar a COMDINOX INGENIERÍA S.A.S, como líder del mercado de elaboración de tanques en acero inoxidable, se pretende reflejar la formación académica tanto teórica como práctica en el campo industrial, haciendo que la empresa alcance a obtener mejores resultados y mejora continua.

El principal objetivo es la satisfacción del cliente, lo que vincula realizar un adecuado producto mediante un ideal proceso de manufactura que genere beneficio para la organización y cumpla las necesidades del cliente.

Para la consecución se necesita información técnica que dirija su gestión de producción, en aras de que la organización obtenga solidez de sus procesos con un respaldo fundamentado de las herramientas ingenieriles. De manera que es importante el desarrollo de un sistema de planeación, programación y control de producción que justifique todos los procesos, donde se genere reducción y eliminación de factores que sean nocivos para la adecuada elaboración de tanques en acero inoxidable.

Para eliminar aquellos factores nocivos en la producción, el presente proyecto es una puesta de relación técnica y analítica, donde se observa el enfoque actual de la empresa diagnosticando situaciones, procesos o acciones que se presenten como elementos de impedimento en la ideal realización de tanques de almacenamiento en acero inoxidable, buscando obtener una retroalimentación del sentido teórico, práctico y analítico del contexto empresarial de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.

1. GENERALIDADES

1.1 PROBLEMA

1.1.1 Descripción del problema: COMDINOX INGENIERÍA S.A.S presenta una tendencia donde el proceso de producción no tiene un uso adecuado de la materia prima, por lo tanto genera mucho material desechado. Las posibles causas que genera esta tendencia son:

- Mal manejo de material por parte del operario ya que al realizar un análisis muestra que en el proyecto al producir un tanque cilíndrico vertical volumen 1000 litros¹, en promedio se pierde una cantidad del 0.95% de material el cual es desechado, generando costos alrededor de los \$ 85.062. De los factores que inciden en el mal manejo de material se encuentran desconcentración, no existe una estandarización de cortes, el operario no cuenta con una formación de optimización de la materia prima.
- No hay manejo específico de planeación de producción por qué no se cumple al cliente en la fechas estipuladas en el contrato; generando pérdidas del 8%² de los contratos para la empresa y arrojando resultados al cliente como insatisfacción por las demoras del producto.
- No hay programación y control del proceso de producción, debido a que no se realiza una gestión a corto plazo para administrar los recursos involucrados en el proceso de elaboración de tanques en acero inoxidable. El tanque prototipo tiene un valor alrededor de los \$ 8'919.800 y su venta está en \$ 11'950.000, por lo tanto

¹ Cifras de cotización de material número 001-2011 de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S

² Informe administrativo JE Castro FORMATO No. 027 año 2012

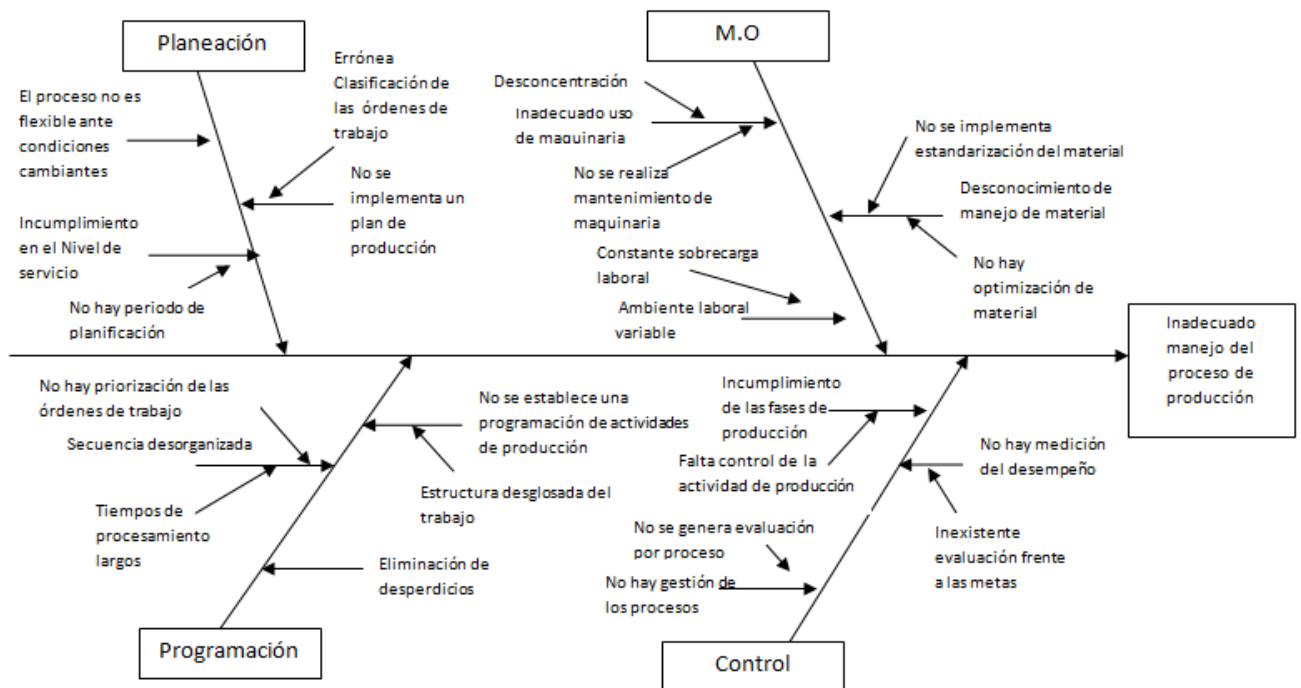
en el momento donde se recae en reprocesos se generan costos y gastos que no son dimensionados por la organización.

El diagnóstico anterior parte de una observación detallada que se realizó en la organización.

1.1.2 Formulación del problema

¿Mediante qué herramientas ingenieriles COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. obtendrá un sistema de producción que mejore su actual proceso de elaboración de tanques en acero inoxidable?

Figura 1. Diagrama causa efecto.



Fuentes: Los autores 2012

En la figura 1 el diagrama causa efecto ilustra que el inadecuado manejo del proceso de producción está constituido por cuatro pilares los cuales son: Planeación, programación, control y la mano de obra. El primero refleja que la actividad de producción presenta carencia de un período de planificación por lo tanto no existe un plan de producción generando erróneas clasificaciones de las órdenes de trabajo, impidiendo una posible flexibilidad en el sistema conllevando al incumplimiento de plazos pactados con el cliente. La programación de recursos y actividades presenta falencias, ya que existe secuencia desorganizada, generando que los tiempos de procesamiento en la estaciones de trabajo se incrementen, y no se realiza distinción entre cada producto a realizar. El control de producción es un factor que va ligado a la mano de obra, debido a que no existe una gestión, análisis y medición continua de la actividad de manufactura se generan consecuencias tales como sobrecarga laboral, desconcentración y continuos reprocesos. Lo anterior indicó que la generación de la solución fuera dada por la integración de herramientas ingenieriles direccionadas a desarrollar un sistema que contempló las causas y sub causas del por qué los cuatros pilares no estaban en un desempeño adecuado.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General: Desarrollar un sistema de planeación, programación y control del proceso de producción en COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.

1.3.2 Específicos

- Elaborar un diagnóstico donde se identifique los factores críticos que no generan un buen desempeño dentro de la organización.
- Seleccionar el sistema de planeación, programación y control de la producción adecuado para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.
- Aplicar las herramientas ingenieriles para un programa de planeación, programación y control del proceso de producción para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.
- Validar el desarrollo del plan de planeación, programación y control de la producción a través de una simulación.
- Generar el proceso de evaluación del sistema mediante indicadores de gestión.
- Realizar la evaluación financiera del proceso, para un análisis de factibilidad del desarrollo del sistema.

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto fue realizado en Mosquera Cundinamarca, en la empresa COMDINOX INGENIERÍA S.A.S., ubicada en la transversal 1 No. 4 - 220 en el barrio Lucero. Tendrá una duración de 12 meses (Noviembre de 2011- Noviembre de 2012). Dentro de una temática de producción, desarrollando un sistema de planeación, programación y control, sin involucrar el desarrollo financiero de la organización.

Imagen 1. Ubicación de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S



Fuente: Google maps 2013

Se realizó un sistema cuyo fin es la optimización de todos los procesos desde una planeación adecuada, un control de procesos y una programación en cuanto a materiales, mano de obra y maquinaria.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Tipo de investigación: Es una investigación de clase mixta donde, se relaciona el modelo técnico y una observación analítica para la elaboración óptima de los procesos mediante herramientas de recolección de información como son las entrevistas, observaciones, encuestas, planillas, cuestionarios, entre otros; y así poder tener una programación, planeación y control para cada proyecto que le concedan a la empresa; ya que es de gran importancia el uso adecuado de todos los procesos de manufactura.

1.5.2 Cuadro metodológico: Para la consecución de los objetivos fue necesario establecer metodologías en las cuales se especificaron las actividades y técnicas de recolección de datos con el propósito de tener un plan de desarrollo claro y conciso. A continuación se ilustra el cuadro metodológico diseñado para desarrollar un sistema de planeación, programación y control del proceso de producción en COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.

Cuadro 1. Cuadro metodológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
Elaborar un diagnóstico donde se identifique los factores críticos que no generan un buen desempeño dentro de la organización.	Identificación de factores benéficos y perjudiciales.	Elaboración matriz DOFA.	Cuestionarios, entrevistas, observaciones.
	Establecer factores de incidencia.	Identificación y elaboración de matriz de factores de incidencia.	Cuestionarios, planillas, observaciones.
	Análisis de desperdicios en el proceso.	Diagnóstico planillas de registro material desechado.	Observación, planillas de recolección de datos, entrevistas.
	Análisis de relaciones con proveedores y clientes.	Diagnostico de planillas de datos.	Entrevistas, cuestionarios.
	Examen del sistema tecnológico y personal.	Elaboración y análisis de matrices.	Cuestionarios, observación y entrevistas.
Seleccionar el sistema de	Análisis de las herramientas	Identificación de los factores adecuados del	Cuestionarios, observación, entrevistas, trabajo

planeación, programación y control de la producción adecuado para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S	teóricas adecuadas para el proceso de producción.	proceso, relacionando lo teórico con lo práctico.	de campo.
Aplicar las herramientas ingenieriles para un programa de planeación, programación y control del proceso de producción COMDINOX INGENIERÍA S.A.S	Análisis del proceso de planeación de la producción para el proyecto.	Desarrollo de planillas para todo el proceso de planeación.	Cuestionarios, entrevistas, observaciones, trabajo de campo, software.
	Desarrollo del proceso de programación de la producción para el proyecto.	Elaboración de diagramas de proceso, flujo o por bloques.	Cuestionarios, entrevistas, trabajo de campo, revisión documental.
	Desarrollo del proceso de control de la producción para el proyecto.	Análisis cuantitativo de variables específicas y datos históricos operacionales.	Trabajo de campo, revisión documental, observación.

Validar el desarrollo del plan de planeación, programación y control de la producción a través de una simulación.	Desarrollo, análisis y definición de las variables del proceso.	Formulación de variables para desarrollar el escenario mediante el programa de simulación PROMODEL.	Trabajo de campo, revisión documental, software.
Generar el proceso de evaluación del sistema mediante indicadores de gestión.	Desarrollo de un sistema de indicadores de gestión.	Mediante cada uno de los factores en el avance del proyecto.	Observaciones, planillas, revisión documental.
	Análisis de resultados al Sistema de Gestión.	Generación de indicadores con relevancia importante.	Observación, entrevistas, revisión documental.
Realizar la evaluación	Desarrollo de variables y escenarios.	Revisión de los indicadores de gestión,	Revisión documental.

financiera del proceso.		evaluación de variables.	
----------------------------	--	-----------------------------	--

Fuente: Los autores 2012

1.5.3 Marco normativo: Para el desarrollo de sus productos, el departamento de ingeniería de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S cumple a cabalidad con el código ASME y normas API ya que es necesario guiarse en base a estas para realizar el diseño, fabricación y control como es en este caso tanques en acero inoxidable. A continuación en el cuadro 2 y 3 se enuncian los aspectos más relevantes de cada norma para tener una mayor comprensión del proceso de fabricación.

Cuadro 2. Código ASME.

ASME, (Caldera internacionales y el Código de Recipientes a Presión) (Edith 2001), Sección VIII y IX	Section VIII Pressure Vessels (Recipientes a presión) Se elaboran requisitos que se tiene que tener en cuenta para una debida realización del diseño, inspección, fabricación y pruebas de recipientes que manejen presiones iguales o mayor a 15 PSIG.
	Section IX Welding and Brazing Qualifications (Calificaciones soldadura

	<p>industrial)</p> <p>Es una norma que tienen en cuenta los debidos procedimientos de soldadura para una debida fabricación de equipos que manejen presiones. Calificaciones y recalificaciones para soldadores y operadores de soldadura con el fin de analizar el debido proceso para poder elaborar dichos procesos según lo estipula la norma.</p>
--	--

Fuente: http://www.engineeringtoolbox.com/asme-boiler-vessel-code-d_8.html consultado; 2013-04-05

Cuadro 3. Normas API.

API Specification 12D	<p>Esta norma considera la fabricación, inspección, material, diseño y pruebas de los requisitos para la elaboración de tanques cilíndricos, verticales, sobre tierra, cerrado y con techo abierto. Realizado sobre el acero con un ensamble de soldadura y presentación por diferentes tamaños, conteniendo una capacidad de presión determinada según lo requiera el cliente</p> <p>Esta norma proporciona diferentes parámetros para la elaboración de tanques con una seguridad adecuada y</p>
------------------------------	--

	<p>para el almacenamiento de cualquier tipo de líquidos que la industria quiera proporcionar a los mismos.</p> <p>Los apéndices de esta norma presentan diferentes formas de diseño de los tanques para que el comprador genere la mejor opción según su necesidad. Se tuvo en cuenta los apéndices que son más relevantes para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.</p> <p>Apéndice A: Muestra los requisitos generales para tanques con respecto a componentes de estrés como por ejemplo placas de concha y placas de refuerzo.</p> <p>Apéndice B: Es la recomendación para la fabricación y diseño de tanques de fondo de base de aceite (Tanques de almacenamiento)</p> <p>Apéndice F: Proporciona la norma los requisitos para el diseño de tanques sujetos a una presión interna pequeña.</p> <p>Apéndice I: Proporciona detalles de construcción aceptables que podría ser indicada por el comprador o cliente</p>
--	--

	<p>para una debida construcción y diseño de un sistema de tanque y cimientos que proveen de fugas detección y protección en el caso del fondo del tanque</p> <p>Apéndice M: Proporciona los diversos requisitos para los depósitos especificados y diseños para funcionar a temperaturas superiores a 90 °C y menores a 260 °C.</p> <p>Apéndice O: Muestra recomendación para el diseño y fabricación de conexiones para tanques de almacenamiento.</p> <p>Apéndice S: Proporciona los requisitos para acero inoxidable en la fabricación de tanques.</p> <p>Apéndice T: Proporciona todos los requisitos la inspección por el método de reconocimiento y por las secciones de la norma; así como la aceptación de normas, el examinador, las calificaciones y los requisitos de procedimiento.</p>
API Specification 12D	Es aplicable a tanques horizontales o verticales soldados en el campo para

	almacenaje de líquidos de producción y con capacidades estandarizadas entre 75 y 1500 metros cúbicos.
API Standard 653 (1991)	Esta norma ha sido creada para empresas que mantienen o tienen acceso a ingeniería e inspección de gente altamente calificada o personas que tiene experiencia en esta labor del diseño del tanque, fabricación, reparación, construcción e inspección. Lo anterior se tiene que tener en cuenta con la norma API Standard 650 (1998).

Fuente: <http://199.91.152.138/a0wmpb28m9bg/z1fkzjxzfl/API+Institute.rar>

Debido a lo anterior COMDINOX INGENIERÍA S.A.S ha desarrollado una normatividad mediante un documento denominado Plan de inspección general de fabricación el cual se presenta en el anexo 1.

1.5.4 Marco legal: Al ser COMDINOX INGENIERIA S.A.S una empresa constituida en todos los aspectos debe presentar una responsabilidad social y legal con todas sus operaciones; por lo tanto a continuación en los cuadros 4 y 5 se mencionan los artículos y leyes que se toman muy en cuenta desde la alta gerencia hasta sus operarios.

Cuadro 4. Aspecto legal.

LEY	DESCRIPCIÓN
Ley 1258 de diciembre 5 de 2008	La empresa está realmente constituida por medio de una sociedad por Acciones Simplificadas S.A.S mediante dicha ley.
Ley 100 de 1993	Se realiza una adecuada implementación de la ley ya que tiene involucrado hacia todos sus empleados una afiliación a un sistema general de pensiones, salud y riesgos profesionales.
Ley 9 de 1979 (Artículos 80 a 154)	Determina funciones del Ministerio de Salud hacia las obligaciones de empleadores y empleados, la supervisión y licenciamiento de los prestadores de salud ocupacional, normas higiene y seguridad industrial de personas e instalaciones, determina procesos de demarcación, señalización, pisos, medidas preventivas, iluminación, calor, temperatura, material particulado, implementación de programa de Salud ocupacional, prevención, control y extinción de incendios, equipos y redes eléctricas, combustibles, elementos de

	protección personal. Aspectos sobre promoción, protección y recuperación y rehabilitación de la salud de los trabajadores, suministro de alimentos en lugares de trabajo, tratamiento y disposición de residuos, manejo de sustancias peligrosas.
--	---

Fuente: Los autores 2012. Basados en:

Ley 1258 de 2008, Diario oficial N° 47.194 de 5 de diciembre; Año: 2008

TRUJILLO. Seguridad ocupacional. Bogotá. Ecoe Ediciones; Año: 2010

Cuadro 5. Aspecto legal CST.

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
Art. 29 al 31	Capacidad de celebrar contratos de trabajo a mayores de 18 años, reglamentación para trabajadores de 14 a 18 años y prohibición para menores de 14 años.
Art. 34	Los dueños de obra son los solidariamente responsables por contratistas.
Art. 56	Obligaciones de empleador y trabajadores en protección y cuidado de la salud.
Art. 57	Obligaciones de empleador para los lugares de trabajo y elementos de protección personal.
Art. 58	Obligaciones del empleado para observar medidas preventivas.
Art. 60	Prohibición al empleado para bebidas alcohólicas, narcóticos o drogas enervantes en el lugar de trabajo.
Art. 348 - 351	Medidas de higiene y seguridad industrial, reglamento de higiene y seguridad industrial y su publicación.
Art. 205 - 208	Obligación de empleador de prestar asistencia médica y servicios de primeros auxilios.

Art. 209 - 222	Calificación de invalidez, pensión de invalidez y pensión de sobrevivientes, (Derogado DL 1295/94)
----------------	--

Fuente: Los autores 2012. Basados en:

Código sustantivo del trabajo, Decreto Ley 3743 de 1950; Diario oficial N° 27.622; Año: 1951

1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 Presentación de la empresa: Ante el crecimiento industrial que se estaba generando en los últimos años en el país, se fundó COMDINOX INGENIERÍA S.A.S en el 2006 teniendo como objetivo principal el de satisfacer las necesidades de sus clientes.

Teniendo en cuenta la demanda del sector en cuanto a servicios de mantenimiento, construcción y producción de productos en acero inoxidable, acero al carbón y otros materiales no ferrosos. La empresa desarrollo estrategias organizacionales con políticas de calidad, con debidos procedimientos de fabricación según normas internacionales (ASME, API) y con una participación colectiva por parte del área de talento humano con miras a la mejora continua de la organización.

Actualmente la empresa cuenta con maquinaria e instalaciones adecuadas para la producción, montaje, diseño y mantenimiento de tanques; como también una participación consolidada de mano de obra con experiencia laboral de más de 29 años en todo el proceso metalmecánico.

En cuanto al sector al que pertenece COMDINOX INGENIERÍA S.A.S que es el siderúrgico, metalmecánico y astillero representa en el mercado interno el 13% del PIB industrial y genera 96000 empleos, entre sus más de 1500 empresas industriales. Teniendo en cuenta los foros realizados por el gobierno nacional hacia sus empresarios se plantean estrategias para incrementar la productividad

de la cadena ya que en el 2012 sin importar que la actividad económica del país haya incrementado en un 4.8%, este experimento un decrecimiento del 0.3%. Debido a lo anterior se proponen cuatro retos a tener en cuenta los cuales son: mejorar en cuanto a talento humano capacitado, formado y productivo; Mayor control de la DIAN sobre la competencia desleal; mejoramiento del reglamento técnico sobre los productos importados y nacionales; por último el de incentivar mayor participación de la industria en cuanto a proyectos de infraestructura.³

Otro aspecto a tener en cuenta es el comercio exterior ya que busca que la producción nacional se posicione a nivel internacional; estrategias como los TLC son importantes para el PIB, por esta razón se mencionan los principales TLC que se han desarrollado a nivel metalmecánico.

TLC Colombia – Chile según el tratado de Montevideo en 1980 para los productos colombianos se tienen una exención arancelaria haciendo que Proexport haga un balance positivo para el mercado nacional. (Ver cuadro 6)⁴

³ http://empresariosaldia.co/index.php?option=com_content&view=article&id=1713&Itemid=1728 consultado. 2012-06-18

⁴ http://metalactual.com/revista/18/actualidad_tlc.pdf consultado. 2012-06-18

Cuadro 6.Principales diez productos exportados TLC Colombia-Chile.

Producto	Us\$ Fob		Part. Ene-Jul 2010
	Ene-Jul 2009	Ene-Jul 2010	
Productos laminados planos de hierro o de acero sin alear, estañados, de anchura superior o igual a 600 mm y de espesor inferior a 0.5 mm	-	3.215.645	40,1%
Las demás máquinas y aparatos mecánicos con una función propia, no expresados ni comprendidos en otra parte de este capítulo	250	806.245	10,0%
Los demás cables de hierro o acero, sin aislar para electricidad	219.337	508.962	6,3%
Perfiles huecos de aleaciones de aluminio	493.038	430.432	5,4%
Los demás productos laminados planos de hierro o de acero sin alear, cincados de otro modo, de anchura superior o igual a 600 mm	888.384	419.620	5,2%
Productos laminados planos de hierro o de acero sin alear, ondulados, de anchura superior o igual a 600 mm	-	299.047	3,7%
Las demás manufacturas de hierro o de acero	154.381	253.727	3,2%
Puntas, clavos, chinchetas, (chinchas), grapas apuntadas, onduladas o biseladas y artículos similares, de fundición, hierro o acero, incluso con cabeza de otras materias, excepto de cabeza de cobre	61.000	232.368	2,9%
Las demás barras y perfiles de aleaciones de cobre	32.346	163.495	2,0%
Alambres de hierro o de acero sin alear, cincados	77.256	112.135	1,4%
Sub total top 10	1.925.993	6.441.676	80,3%
Otros	2.194.939	1.583.475	19,7%
Total	4.120.932	8.025.151	100,0%

Fuente: Proexport 2012

TLC Colombia – Triangulo norte en este tratado los productos están negociados en sus mayoría en la categoría de desgravación A; por lo tanto empieza a regir cero aranceles desde la entrada de vigencia del tratado. (Ver cuadro 7)⁵

⁵ http://metalactual.com/revista/18/actualidad_tlc.pdf consultado. 2012-06-18

Cuadro 7.Principales diez productos exportados TLC Colombia-Triángulo norte.

Producto	Us\$ Fob		Part. Ene-Jul 2010
	Ene-Jul 2009	Ene-Jul 2010	
Torres y castilletes, de fundición, de hierro o de acero con excepción de las construcciones prefabricadas de la partida 94.06	3.086.344	2.754.711	20,0%
Molinillos mecánicos de metales comunes, accionados a mano, de peso inferior o igual a 10 kg, del tipo de los utilizados para preparar, acondicionar o servir alimentos o bebidas	1.387.938	1.594.170	11,6%
Machetes, de metales comunes	1.448.608	1.307.290	9,5%
Máquinas y aparato para la extracción de grasas o aceites vegetales fijos o animales	1.028.752	808.798	5,9%
Los demás aparatos para filtrar o depurar agua	74.676	714.554	5,2%
Productos laminados planos de hierro o de acero sin alear, revestidos de óxidos de cromo o de cromo y óxidos de cromo, de anchura superior o igual a 600 mm	838.769	631.069	4,6%
Las demás cocinas, de combustible gaseoso, o de gas y otros combustibles, de uso domestico, de fundición, hierro o acero	152.570	616.565	4,5%
Puntas, clavos, chinchetas, (chinchas), grapas apuntadas, onduladas o biseladas y articulos similares, de fundición, hierro o acero, incluso con cabeza de otras materias, excepto de cabeza de cobre	352.105	495.537	3,6%
Partes para máquinas y aparatos de la partida 84.79	1.221.108	452.497	3,3%
Los demás aparatos e instrumentos para pesar con capacidad inferior o igual a 30 kg	303.731	385.244	2,8%
SUB TOTAL TOP 10	9.894.600	9.760.434	71,0%
Otros	6.004.438	3.992.860	29,0%
Total	15.899.037	13.753.294	100,0%

Fuente: Proexport 2012

TLC Grupo de los tres inicialmente era integrado por México, Venezuela y Colombia pero en el 2006 Venezuela se salió de dicho tratado; por lo tanto solo se tiene entre México y Colombia. Teniendo en cuenta lo pactado la mayoría de los productos están desagraviados totalmente. (Ver cuadro 8)⁶

⁶ http://metalactual.com/revista/18/actualidad_tlc.pdf consultado. 2012-06-18

Cuadro 8.Principales diez productos exportados TLC Grupo de los tres.

Producto	Us\$ Fob		Part. Ene-Jul 2010
	Ene-Jul 2009	Ene-Jul 2010	
Machetes, de metales comunes	4.341.947	3.296.148	22,0%
Partes para máquinas y aparatos de la partida 84.79	56.362	1.254.270	8,4%
Moldes para materia mineral	1.625.600	1.012.706	6,8%
Desperdicios y desechos, de aluminio	-	799.547	5,3%
Las demás bombas para líquidos	241.616	501.922	3,4%
Máquinas y aparatos envasadoras de líquidos	-	484.974	3,2%
La demás chapas y tiras de cobre refinado, de espesor superior a 0,15 mm	-	409.527	2,7%
Barras y perfiles de cobre refinado	57.520	343.092	2,3%
Los demás cables de hierro o acero, sin aislar para electricidad	607.534	337.691	2,3%
Cocinas empotrables, de combustible gaseoso, o de gas y otros combustibles, de uso doméstico, de fundición, hierro o acero	214.461	335.465	2,2%
SUB TOTAL TOP 10	7.145.040	8.775.341	58,6%
Otros	7.934.808	6.197.342	41,4%
Total	15.079.849	14.972.682	100,0%

Fuente: Proexport 2012

1.7 ANTECEDENTES

Para entender el crecimiento del sector metalmecánico en Colombia y comprender su evolución en cuanto a industria y participación en la economía nacional se presenta a continuación un cuadro cronológico que expone los momentos sobresalientes de la industria hasta el inicio de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. (Ver cuadro 9)

Cuadro 9. Cronología de las empresas metalmecánicas en Colombia.

1940	La empresa Wesco es la precursora del acero inoxidable en la industria Colombiana, partiendo de la necesidad de adoptar un material capaz de resistir la corrosión en condiciones oxidantes.
1954	Se constituye Acerías Paz de Río como la única siderurgia integrada, es decir, que fabrica acero procesando mineral de hierro con otras materias primas en altos hornos.
1961	Es fundada Coparcero que se dedica a la importación del acero inoxidable y transformación de este material.
1970	Es consolidada Acesco, es una compañía que se dedica a la importación y comercialización del acero inoxidable iniciando sus operaciones en la ciudad de Bogotá siendo pionera del sector de la industria metalmecánica.
1972	Se crea la Distribuidora de Aceros Colombianos LTDA. Esta organización incursionó en el mercado de acero inoxidable como una siderurgia semi-integrada, la cual se basa en que solo realiza procesos de refinación y laminación.

Fuente: Los autores 2012. Basados en:

<http://www.eac.com.co/presentacion/historia-del-acero/48-historiadelaceroencolombia>
consultado. 2012-05-08

<http://ferrasa.com.s49013.gridserver.com/corporativo/el-mundo-del-acero/colombia>
consultado 2012-05-08

Entre el sector metalmecánico en el año de 1982 se fundó lo que fue la empresa pionera de todo el sector llamada EQUINOX LTDA, la cual ofrecía a la industria nacional productos finales de la más alta calidad, gracias a la maquinaria, equipos y tecnología que pertenecieran a la acreditada firma sueca A. Johnson y co. , de Colombia, la cual llegada la década de los 70 encomendó a Helmer Bejarano, el que era su gerente general y mayor accionista de EQUINOX LTDA. La tarea de recibir de sus propias compañías y de otras muy importantes en Suecia, Noruega, Inglaterra, Suiza y Estados Unidos, toda la tecnología requerida para poder producir en Colombia equipos en acero inoxidable, de muy altas especificaciones.

Al contribuir con el desarrollo del sector EQUINOX LTDA se especializó en varios sectores de la industria nacional tales como:

Industrias cerveceras: Fabricando y diseñando varios tipos de tanques como los son de maduración, fermentación, CIP, almacenamiento, contrapresión, para mosto, ollas de cocción, filtros para mosto, intercambiadores de calor, bombas, entre otros.

Gaseosas: Construyendo para este sector tanques para dilución de azúcares, tanques para preparación de jarabes, tanques para mezcla, pasteurizadores, tanques para transporte de jarabes, intercambiadores de calor, entre otros.

Industria farmacéutica: En esta industria se fabricaban tanques y recipientes de toda índole como por ejemplo tanques de doble pared o provistos de serpentín para calefacción o enfriamiento, recipientes pulidos para soluciones estériles, autoclaves para esterilizar, filtros biológicos, bombos y pailas para brillar tabletas, entre otros.

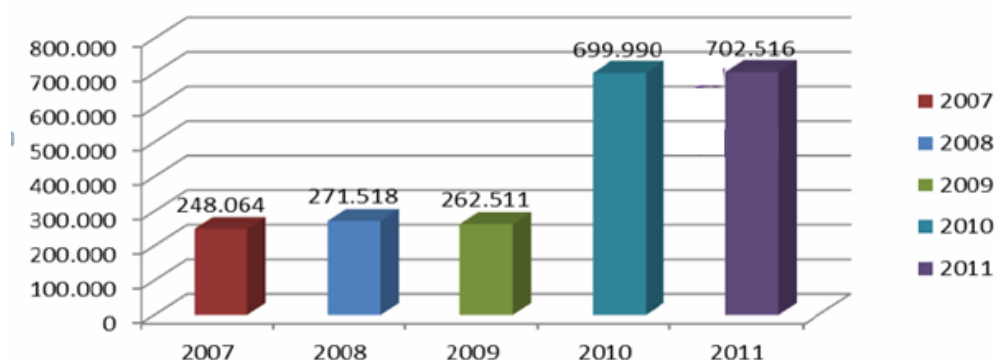
Leches y derivados lácteos: La construcción de equipos de este sector era la especialización para la empresa ya que realizaron la fabricación de tanques de enfriamiento con camisa para circulación de agua helada, tanques termos para

transporte, tanques de recibo, tanques básculas, tanques para cremas, intercambiadores de calor, evaporadores, entre otros.⁷

Compañía General de Acero (CGA) aunque llevara una trayectoria de 40 años hasta el año de 1990 decide comercializar acero inoxidable, por el continuo auge de este material dentro del mercado Colombiano.

Como se evidencia la tendencia de las empresas colombianas en cuanto al mercado del acero inoxidable es la importación del material ya que no se cuenta con la tecnología en el territorio nacional adecuada para la fabricación, a continuación se ilustra las importaciones de los últimos años, donde el 0.05% representa a los aceros inoxidables.

Figura 2. Importaciones metalmecánicas 2007-2011 en toneladas.



Fuente: DIAN-Cálculos propios estimado 2011

Como se ilustra en la figura 2 en cuanto al comercio internacional el sector metalmecánico en los últimos años supera los 4000 billones de dólares, representando más del 30% del mercado mundial. Dentro de esta industria, un 40% corresponde al sector de bienes de capital, un 20% a la industria automotriz,

⁷ BEJARANO ACOSTA, Helmer; Revista informativa EQUINOX LTDA; 1995

al sector de componentes electrónicos y artefactos eléctricos, completando el resto los demás sectores metalmecánicos. Las economías exportadoras más importantes son los países de la Unión Europea (Alemania, Francia, Italia), China, Estados Unidos, Japón y los países del sudeste asiático (Principalmente Corea del Sur).⁸

Teniendo en cuenta el desarrollo en el campo metalmecánico en la parte de planeación y control de la producción se ha tenido varios estudios a tener en cuenta como es el caso de la investigación realizada por la profesora Karim Olivia, la ingeniera Ivonne Pulido y la ingeniera Carolina Becerra ya que ellas analizaron en Venezuela el comportamiento de las pequeñas y grandes empresas, lo cual es semejante a la industria colombiana en los últimos años.

En el proceso de planeación hay aspectos relevantes a tener en cuenta como primero la administración de la demanda ya que como la mayoría de las empresas actúan bajo una producción por pedido hace que se dificulte sus pronósticos lo cual las grandes empresas tienen una ventaja ya que le invierten al estudio de esta; el segundo aspecto es la planeación de la ventas y las operaciones ya que la mayoría de las organizaciones confunden la planeación con la programación pero por la sencilla razón de que ellos se concentran en programación de capacidades de materiales y de tiempos por tal razón el cambio fluctuante de la demanda hace que presenten estrategias de planeación agregada mixta o combinada para poder adaptarse a los cambios de la demanda; el tercer aspecto es la programación de producción por que teniendo en cuenta que la mayoría de empresas manejan un sistema bajo pedido se utiliza la prioridad de los pedidos teniendo en cuenta los tiempos de fabricación dando a entender que a ellas no les importa la utilización eficiente de sus recursos sino la agilidad en el proceso de fabricación.

⁸ http://uich.org.ar/sitio/images/CEU/uia_metalmecanica_08.pdf consultado. 2012-04-21

Siguiendo con el análisis de la investigación determinaron otro aspecto a tener en cuenta y es la planeación de materiales por que la mayoría determina el pedido mediante las ordenes de fabricación por lo que las especificaciones del cliente varían, por tal razón según los requerimientos se establece el proceso de pedido justo teniendo como ventaja la reducción de inventarios; y por último la planeación de la capacidad ya que la mayoría de empresas del sector se ajustan a las fluctuaciones de la demanda enfocándose en las horas hombre que se emplearan así como el proceso de subcontratación y horas extras.

En el proceso de control como dice el artículo las empresas en el sector metalmecánico se basan en labores de supervisión directa teniendo como principal herramienta los indicadores de control teniendo como principal objetivo el verificar el cumplimiento del proceso de producción.⁹

Un estudio realizado en la Universidad Nacional Sede Manizales en el año 2012 que se ocupa de una planta de producción de herramientas que realiza productos fabricados bajo pedido, argumenta la complejidad de obtener una nivelación de capacidad de producción cuando la demanda es muy variable, por lo tanto el proceso de programación necesita considerar múltiples criterios.

Este estudio se separo en tres etapas las cuales fueron: métodos de programación multicriterio, selección de regla de secuenciación y análisis de resultados del desempeño de las secuenciación. Para la etapa inicial se realizo la selección de criterios de priorización, luego un proceso analítico llamado Proceso Analítico Jerarquico de Ordenación Grupal, para la definición de pesos relativos de dichos criterios y para la calificación de las ordenes de trabajo.

Para la segunda etapa se dimensionó cual era la necesidad de los productos bajo pedido priorizando sus criterios y estableciendo las diferencias con cada regla de secuenciación, llegando a la conclusión de que el criterio principal era las entregas a tiempo, por lo tanto se decidió realizar la regla EDD.

⁹ <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/n2-2006/2-6.pdf> consultado. 2013-09-21

Por último se establece que las medidas de desempeño son las que determinan el ámbito de la programación en estos sistemas.¹⁰

1.8 MARCO TEÓRICO

1.8.1 Gráfica de Gantt: También conocido como gráfico de barras, es una herramienta que muestra la cantidad de tiempo involucrado en el proyecto, así como la secuencia en el cual puede desempeñarse las actividades, permite realizar una representación gráfica del progreso del proyecto. Se originó mientras a Henry L. Gantt se le encomienda un proyecto para construir barcos en la primera guerra mundial incluyendo para este una implementación de este gráfico para controlar todo el proyecto de manufactura con un tiempo y costo óptimo.¹¹

1.8.2 Método de la ruta crítica (CPM): Este método se desarrollo para la programación del mantenimiento durante paros en las plantas de procesamiento de productos químicos propiedad de Du Pont. Debido a que en estos proyectos de mantenimiento se tienen unos tiempo exactos de las actividades.

El CPM se desarrollo para el proyecto de misiles Polaris de la armada de los Estados Unidos y fue un proyecto masivo en el cual intervinieron más de 3000 contratistas. El CPM se desarrolla con el simple supuesto de que los tiempos para las actividades del proyecto son exactos y de que no se registrarán variaciones.

La técnica del CPM debe su desarrollo a la gráfica de Gantt. Aun cuando esta puede relacionar actividades con el tiempo en una forma utilizable para pequeños proyectos. Es más recomendable hacer el CPM ya que el Gantt no proporciona un procedimiento directo para determinar la ruta crítica cuya identificación tiene un gran valor práctico para el desarrollo del proyecto.

¹⁰ Jaramillo Escobar, Pamela; programación de un sistema de producción híbrido mediante un proceso analítico jerárquico de ordenación grupal

¹¹ SIPPER, Daniel; planeación y control de la producción; Pág. 404; Editorial: Mc GRAW-HILL; 1998

El método de ruta crítica es un proceso de planeación, organización, dirección y control de cada una de las actividades componentes de un proyecto, abarcando desde los estudios iniciales, hasta la planeación y operación. Este consta básicamente de dos ciclos, la planeación y programación, la ejecución y el control. El primer ciclo consta en el desarrollo de tiempos, costos, logística, recursos y acciones tomando como base la red de camino crítico. El segundo ciclo termina al tiempo de hacer la última actividad.

Determinar la ruta más larga de una red es conocer la ruta crítica de ella, para ello necesario el tiempo de terminación más rápido TTMR, que es el tiempo necesario para iniciar actividades, para encontrar este tiempo de terminación más rápido se debe iniciar el cálculo con la primera actividad, recorriendo toda la red acumulando los TTMR, de las fases precedentes, por lo tanto $TTMR = \text{tiempo de inicio más temprano } TIT + \text{ tiempo esperado } T$. El tiempo de terminación más tardío es el mayor tiempo que se requiere para que una actividad siguiente pueda realizarse. El cálculo se realiza del último evento hacia el primero $TTMT = \text{Último tiempo de terminación } UTT - \text{ tiempo esperado } T$. Por último la determinación de excesos de tiempos que indicará la ruta crítica del programa, serán aquellas de las actividades que sean cero. La ruta crítica es aquella herramienta que permite manejar las holguras con combinación de actividades no críticas para el ahorro de tiempo y costos.¹²

¹² NAMAUFOROOSH, Mohammad; Investigación de operaciones, Interpretación de modelos y casos; Pág. 195; Editorial: LIMUSA NORIEGA EDITORES; 1995

1.8.3 Método PERT- COST: Para un proyecto al igual de presentar interés en el tiempo de realización de las actividades se tiene que tener en cuenta los costos por actividades y totales. Un supuesto básico de este método es que hay una relación entre el tiempo de terminación de la actividad y el costo. Por otra parte se tiene que tener en cuenta que cuesta dinero apresurar una actividad; por otra también implica mantener o alargar el tiempo total.

Al seguir con el análisis de el modelo PERT-COST se tiene que tener en cuenta los costos directos de la actividad y los costos indirectos del proyecto ya que lo ideal para la elaboración de este procedimiento es encontrar el punto óptimo en un intercambio tiempo-costo.

La estimación de costo puede ser un promedio de los costos mínimos, máximos y medios, la estimación de costos en cada etapa de la red de optimización permite comparar el costo actual del proyecto con el costo presupuestado, siendo una medida de corrección en el caso que estuviera rebasando los límites del presupuesto. Existen ocasiones donde es necesario reducir el tiempo del proyecto por alguna situación en especial, por lo tanto con el método PERT-COST se puede establecer que es lo más conveniente si se comprime la red y a la vez se incurre en mayores costos, ya que en el momento de acortar actividades se generan costos tales como contratar más personal, trabajar tiempo extra, mayor tiempo de uso de máquinas entre otros. Al comprimir la red se deben acortar las actividades que se encuentren en la ruta crítica y con el costo más bajo para evitar posibles incrementos muy drásticos en el costo original del proyecto.¹³

¹³ NAMAUFOROOSH, Mohammad; Investigación de operaciones, Interpretación de modelos y casos; Pág. 189; Editorial: LIMUSA NORIEGA EDITORES; 1995

1.8.4 Programa maestro de producción: Es importante que la planificación del programa maestro sea igual o mayor que el tiempo de espera agregado del producto, el primer paso es revisar la lista de materiales o estructura del producto donde se enumeran todos los componentes que se emplean para el ensamblaje de un producto, mostrando no solo las relaciones entre ellos sino también las cantidades que se requieren, además de los datos de tiempos de espera necesarios para la adquisición o producción de cada componente o ensamblaje, con estos datos se calcula el tiempo esperado acumulado.

El impacto del programa maestro de producción en el entorno de COMDINOX INGENIERÍA S.A, es que el cliente tiene una gran influencia sobre el diseño del producto, ya que la compañía puede usar productos estándares pero dependiendo de los requerimientos del clientes darán unas características específicas que diferenciarán al producto, por lo tanto la demanda es variable tanto en cantidad como en diseño, por lo tanto la función del programa maestro en este entorno es reflejar en realidad la capacidad y los requerimiento de materia prima.

El programa maestro es el principal vínculo con los pedidos de los clientes, además de reflejar las políticas y restricciones de los métodos de seguimiento, nivelación o combinación. Los valores del PMP son el reflejo del proceso de pedido-entrega, por lo tanto si la compañía desea operar eficiente y efectivamente el programa debe desarrollarse de forma realista, es decir, que la compañía no caiga en la incapacidad de completar el plan en un tiempo determinado y las actividades incumplidas se transfieran a otro período.¹⁴

¹⁴ CHAPMAN, Sthephen; Planificación y control de la producción; Pág. 73; Editorial: PEARSON PRENTICE HALL; 2006

1.8.5 Programación hacia adelante (Enfoque empujar): Es el sistema que parte del presente hacia el futuro, que utiliza el seguimiento secuencial registrando las acciones de acuerdo con el flujo de producción, partiendo de los materiales directos pasando a través de producto en proceso a producto terminado, a la vez haciendo las requisiciones de materiales directos e indirectos, a esto se le conoce como programación prospectiva. La dinámica de esta programación es determinar una fecha de entrega para cada proceso de producción ya que en el caso de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. difieren los procesos dependiendo de las especificaciones del cliente.

La programación hacia adelante, en este punto quiere decir la asignación de tiempos a tareas específicas, y recursos. Este sistema comienza al conocer los requerimientos del trabajo, estos son: Los trabajos se realizan a petición del cliente, frecuentemente causa acumulación de inventario en proceso.¹⁵

1.8.6 Secuenciación de la producción: La secuenciación es la determinación del orden en que serán procesados los pedidos en cada centro de trabajo, una vez establecida la existencia de capacidad, se deben tener en cuenta tres conceptos claves los cuales son operación, tarea o trabajo, y ruta, el patrón de llegada es definido cuando cada tarea está disponible para su ejecución, y es aleatorio cuando las tareas llegan al azar en el transcurso del tiempo. Dentro de la secuenciación, se manejan dos indicadores de desempeño principales, el de tarea y el de máquinas, con el fin de establecer el conjunto de recursos necesarios para la ejecución de acciones, dependiendo de la naturaleza de las tareas que deben realizarse y el patrón de llegada de estas al sitio de trabajo y por último la manera como las operaciones de los diferentes procedimientos asignan recursos en el tiempo.¹⁶

¹⁵ RIGGS, James; Sistemas de producción, planeación, análisis y control; Pág. 615; Editorial: LIMUSA WILEY; 2004

¹⁶ SIPPEN, Daniel; planeación y control de la producción; Pág. 439; Editorial: Mc GRAW-HILL; 1998

1.8.7 Control de la actividad de producción (CAP): Se encarga de vigilar la actividad real de fabricación de un producto, encargándose de fiscalizar el orden de prioridad con el que se desarrollan las actividades. El CAP es un control de ejecución, compuesto por un conjunto de actividades, métodos y sistemas ejercidos sobre el orden de prioridad que se establece en las actividades como los requerimientos de información e implementación de sistemas para supervisar, priorizar y controlar las acciones involucradas en la operación.

Los principales insumos de información que maneja en general el CAP son los pedidos recién liberados, el estado de los pedidos, la información del ruteo, información del tiempo de espera, el estado de los recursos. Otros insumos importantes de este sistema son la cantidad, el tipo y la condición de dichos recursos entre los que se encuentran: El personal, las herramientas, la capacidad de la maquinaria y los materiales. Además de emplear información este control debe producir datos útiles para la administración en los cuales se incluyen: Estado y ubicación de los pedidos, estado de los recursos clave, medición del desempeño en función de los estándares, informe de desperdicio y reprocesamiento, notificación de problemas.

En la asignación de prioridades existen reglas básicas las cuales son: Fecha de vencimiento, tiempo de procesamiento más corto, holgura total, holgura por operación y proporción crítica. El primero selecciona la tarea cuya fecha de vencimiento sea más próxima, con el fin de ejecutarla primero. La segunda regla, organiza las tareas en orden de prioridad de acuerdo con el tiempo de procesamiento estimado para realizarlas. La tercera regla, elige una tarea específica, luego se calcula el tiempo total necesario para realizar todas las operaciones restantes del trabajo en cuestión y después el tiempo total que transcurrirá hasta que la tarea se venza, al restar el tiempo procesamiento total del tiempo total hasta el vencimiento se obtiene un valor denominado holgura, el cual representa un tiempo en almacenamiento temporal o un tiempo que puede transcurrir sin peligro de retrasar la tarea. La cuarta regla, la holgura total se divide entre el número de operaciones restantes, la tarea con menor holgura total por

operación se programa primero. La quinta regla, se calcula una proporción sin unidades de medición, dividiendo el tiempo restante hasta el vencimiento entre el trabajo remanente, el cual es el tiempo total de procesamiento, mientras que el tiempo restante es aquel que transcurra hasta que vence la ejecución de la tarea.¹⁷

1.8.8 Simulación: Es el desarrollo de un modelo lógico matemático de un sistema, de tal forma que se obtiene una imitación de la operación de procesos. La simulación involucra la generación de acciones artificial de un sistema, destacando las características operacionales del mismo. El desarrollo incluye la construcción de ecuaciones lógicas que sean representativas del sistema.

Para preparar la simulación de un sistema complejo, se necesita un modelo de detallado para formular y describir la operación del sistema.

Un modelo de simulación consta de varios bloques de construcción básicos:

1. Definir el estado del sistema (Como el número de clientes en un sistema de colas)
2. Identificar los estados posibles del sistema que pueden ocurrir.
3. Identificar los eventos posibles (Como llegadas y terminaciones de servicio en un sistema de colas) que cambian el estado del sistema.
4. Estipular un reloj de simulación, localizado en alguna dirección del programa de simulación, que registrara el paso del tiempo (Simulado)
5. Un método para generar los eventos de manera aleatoria de los distintos tipos.

¹⁷ CHAPMAN, Sthephen; Planificación y control de la producción; Pág. 179; Editorial: PEARSON PRENTICE HALL; 2006

6. Una fórmula para identificar las transiciones de los estados que generan los diferentes tipos de eventos.

Después de formular un modelo detallado, con frecuencia se requiere mucho tiempo para desarrollar y depurar los programas para las corridas de simulación. Además es posible que se requieran de muchas corridas para obtener datos con buenas estimaciones. Por último, todos los datos deben analizarse con cuidado antes de obtener conclusiones finales.

1.8.9 Tipos comunes de aplicaciones de simulación: Debido a la gran diversidad de aplicaciones, es posible enumerar todas las áreas específicas en las que se ha usado pero se hará una explicación breve de las más importantes:

- Diseño y operación de sistemas de colas: Se disponen de muchos modelos matemáticos para analizar sistemas de colas sencillos, pero a veces estos modelos no suelen proporcionar aproximaciones acertadas ya que se tiene que hacer un análisis muy detallado para generar conclusiones.
- Administración de sistemas de inventarios: Aunque los modelos matemáticos en ocasiones ayudan a analizar esos sistemas complejos, la simulación suele tener un papel muy importante ya que realiza todo el proceso de inventarios con datos más reales.
- Estimación de la probabilidad de terminar un proyecto a tiempo: Una de las preocupaciones más importantes de un administrador de proyecto es si su equipo será capaz de terminar el proyecto en la fecha de entrega. Por lo tanto han salido enfoques como es el caso de PERT de tres estimaciones para obtener una probabilidad más acertada de cumplimiento de entrega del proyecto a una fecha estipulada; en consecuencia la simulación es cada vez más utilizada para obtener mejores estimaciones de probabilidad.
- Diseño y operación de sistemas de manufactura: En la actualidad se tiene una proporción de aplicaciones orientadas a simular sistemas de

manufactura mediante la implementación de sistemas de colas a cualquier proceso en la organización.¹⁸

1.8.10 Indicadores de gestión: Un indicador de gestión es la expresión cuantitativa o cualitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud al ser comparada con algún nivel de referencia, puede reflejar las fortalezas y debilidades de la misma para así tomar acciones preventivas o correctivas según sea el caso. Empleándolos en forma oportuna, los indicadores permiten tener control adecuado sobre una situación dada; la principal razón de su importancia radica en que es posible predecir y actuar con base en las tendencias positivas o negativas observadas en su desempeño.

Los indicadores son una forma clave de retroalimentar un proceso, de monitorear el avance o la ejecución de un proyecto y de los planes estratégicos, entre otros. Y son más importantes todavía si su tiempo de respuesta es inmediato, o muy corto, ya que de esta manera las acciones correctivas son realizadas sin demora y en forma oportuna.

Los beneficios de los indicadores de gestión para cualquier proceso productivo de una organización son:

Monitoreo del proceso: El mejoramiento continuo sólo es posible si se hace un seguimiento exhaustivo a cada eslabón de la cadena que conforma el proceso. Las mediciones son las herramientas básicas no sólo para detectar las oportunidades de mejora, sino además para implementar las acciones.

Benchmarking: Es importante tenerlo en cuenta por que al realizar sus respectivas medidas de desempeño e indicadores de gestión se pueden hacer una comparación exhaustiva con otras organizaciones y así poder tener una corrección de los procesos.

¹⁸ HILLIER, Frederick; LIBERMAN, Gerald; Investigación de operaciones; Pág. 1085; Editorial: McGRAW-HILL; 2002

Satisfacción del cliente: En la medida de que la satisfacción del cliente sea la prioridad para la empresa, así lo comunicará a todos sus empleados y enlazará las estrategias con los indicadores de gestión orientando a cada una de las partes a un sentido y se logren los resultados deseados.

Para definir un buen indicador de control en un proceso es importante desarrollar un criterio para la selección de los indicadores que deberán monitorearse en forma continua, ya que el seguimiento tiene un costo alto cuando no está soportado por un verdadero beneficio; puede utilizarse una sencilla técnica que consiste en responder preguntas básicas:

- ¿Es fácil de medir?
- ¿Se mide rápidamente?
- ¿Proporciona información relevante en pocas palabras?

Si las respuestas a todas las preguntas son afirmativas, ya está definido un indicador apropiado. Claro que requiere de un poco de tiempo evaluar cada pregunta de manera concreta y asegurar que si se responde afirmativa o negativamente, la respuesta está asegurada.

Los siguientes son algunos ejemplos de indicadores de gestión:

1. Indicadores generales

- Número de sugerencias implantadas / Sugerencias totales.
- Porcentaje de rotación de empleados.
- Número de sugerencias / Empleado – mes.
- Gastos de operación – mes.
- Inventario en proceso.
- Porcentaje de cumplimiento de la operación.
- Asistencia.
- Desperdicio.

- Excedentes / mes.

2. Indicadores de servicio y distribución

- Clientes atendidos / Días.
- Tiempo de servicio.
- Porcentaje de retención de clientes.
- Número de reclamos solucionados / Reclamos totales.
- Porcentaje de devoluciones.
- Garantías atendidas.
- Número de pedidos despachados / Número de pedidos atendidos.

Además de los anteriores indicadores existen otros grupos, los cuales se pueden clasificar como:

- Indicadores de rendimiento (Efectividad, eficiencia, eficacia)
- Indicadores de productividad (Producido respecto a los recursos utilizados)
- Indicadores financieros.
- Indicadores de personal.
- Indicadores de clientes internos (Personal capacitado, rotación del personal, horas de capacitación, número de accidentes presentados)¹⁹

1.9 MARCO CONCEPTUAL

En COMDINOX INGENIERÍA S.A.S al realizar el proceso productivo para realizar tanques de almacenamiento se determina diversidad de conceptos los cuales se van a definir para que se tenga un mayor entendimiento de todo el proyecto.²⁰

¹⁹ Rincón Bermúdez, Rafael David; Los indicadores de Gestión Organizacional; Una Guía para su definición; 1998

²⁰ CASTRO, Jorge; Manual técnico de definiciones para la elaboración de tanques de almacenamiento; COMDINOX INGENIERIA S.A.S; 2007

Bombeo: proceso en el cual la bombeadora realiza presión en el centro de la lámina dándole forma cóncava teniendo en cuenta las especificaciones del tanque en acero inoxidable a desarrollar.

Activador: Es una herramienta que se encarga de ayuda para martillar y poder latonear bien la lámina de acero inoxidable.

Boquilla: Es el orificio donde sale o entra el fluido del tanque.

Bridas: Es el elemento que une dos componentes mediante un sistema de acople sin necesidad de soldadura por lo tanto mediante un circunferencia de agujeros y pernos de unión, hace un ensamble sin necesidad de operaciones destructivas.

Careta de soldar: Herramienta de seguridad para los soldadores para que no se le perjudique la salud de los mismos a largo plazo por los destellos de luz que emanan al emplear la soldadura.

Diferencial de cadena: Mecanismo de soporte para levantar las láminas en acero inoxidable para armar el tanque.

Empaques: Se emplean para recubrir las bridas por lo general es de un material de asbestos.

Equipo de plasma: Es el encargado de hacer los cortes de las láminas sin importar el grosor que tenga.

Equipo de soldadura (Trifásico): Máquina eléctrica utilizada para ensamblar cada una de las partes que conforman el tanque mediante un equipo de revestida, de argón o de flux core. Cada equipo mencionado anteriormente se utiliza según el espesor de la lámina que se quiera ensamblar.

Garruchas: Es el equipo encargado de sostener y trasladar las tapas cuando se realiza el proceso en la bombeadora y ensamble.

Lámina en acero en acero inoxidable: Es la materia prima más esencial del proceso ya que este es el que conforma el cuerpo del tanque, por lo general según las especificaciones del cliente se desarrolla un espesor de lámina de 316, 308.

Latonear: Es el proceso mediante el cual se arregla imperfecciones al tanque mediante golpe con martillo y activador.

Manhole: Es la tapa del tanque y es el medio por el cual al abrirlo se puede realizar mantenimiento en la parte interior; hay de dos tipos el típico y el cervecero.

Manómetros de presión: Es un instrumento que sirve para determinar o medir la presión de fluidos contenidos en el tanque.

Martillo: Es una herramienta para golpear las láminas de acero cuando cambian de forma al soldar y armar el cuerpo del tanque.

Mototool: Es un equipo que realiza por medio de una fresa la ampliación de huecos como por ejemplo los orificios de las bridas.

Niveladores: Es una herramienta que se encarga de nivelar el tanque ya que este va apoyado al piso.

Orejas del tanque: Es la estructura de enganche donde se puede manejar el tanque como por ejemplo cambiarlo de posición.

Pacivar: Es el proceso cuando se lava el tanque por medio de ácido nítrico, jabón industrial, entre otros.

Pernos: Son elementos que se necesitan para hacer ensambles cuyo tamaño por lo general dependiendo las especificaciones del cliente es de $\frac{3}{4}$ " x 6" de diámetro.

Placa de identificación: Es donde se referencia el diseño, la capacidad y pruebas que se les hace al tanque.

Prueba hidrostática: Es una prueba que se le hace al tanque, llenándolo de agua para determinar si hay imperfecciones en el ensamble o producción del mismo.

Pulidora: Máquina para realizar brillo o pulir las partes soldadas de todo el tanque como por ejemplo piezas ensambladas para el cuerpo.

Refuerzos para las orejas: Así como los refuerzos de las patas es la parte donde se ensamblan las orejas para que estas no tengan contacto con el cuerpo del tanque.

Refuerzos para las patas: Es la parte donde se ensamblan las patas y así no tener contacto con el cuerpo del tanque.

Roladora: Máquina en la cual sirve para darle la forma cilíndrica al tanque.

Tanque: Es un equipo diseñado para almacenar o procesar un fluido operado a diferentes presiones y temperaturas.

Torno: Máquina donde se realiza todas las piezas que necesita el tanque.

Tubería: Es un conducto de acero inoxidable mediante el cual circula el fluido hasta que llegue a la parte interior del tanque; se debe tener en cuenta los


códigos que contemplan el diseño de sistemas de tuberías (ASME B31.4 - Transporte de hidrocarburos líquidos, gas, petrolero y Alcoholes; ASME B31.5 - Tuberías para refrigeración; ASME B31.8 - Conducciones de gas).

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 DIAGNÓSTICO DE FACTORES CRÍTICOS.

Para identificar los factores que benefician o perjudican a la organización se analizan dos escenarios, externo e interno, en busca de determinar cuáles son sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas, con el objetivo de relacionar estos factores para diseñar posibles estrategias que aumenten las posibilidades de mejora y disminuir aquello que es perjudicial para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.

Cuadro 10. Matriz DOFA.

	FORTALEZAS-F	DEBILIDADES-D
	<ol style="list-style-type: none">1. Realización del proceso productivo en base a las normas API.2. Durabilidad del producto.3. Diseño e inspección en base a las normas ASME.4. Buena relación calidad precio.5. Realización del producto en bajo pedido del cliente.	<ol style="list-style-type: none">1. Gran cantidad de desperdicio.2. Carencia de descripción de puestos.3. Incumplimiento en las fechas estipuladas de los proyectos.4. Se generan reprocesos.5. Proceso empírico.

OPORTUNIDADES-O	ESTRATEGIAS-FO	ESTRATEGIAS-DO
<p>1. Capacitación direccionada a la optimización.</p> <p>2. Uso de herramientas y teorías ingenieriles.</p> <p>3. Mejorar costos debido a la utilización optima de los insumos.</p> <p>4. Outsourcing para productos no especializados.</p> <p>5. Tecnificación del proceso de producción.</p> <p>6. Accesos a nuevas tecnologías.</p>	<p>1. Capacitar a los empleados en buscar de alcanzar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus necesidades y reducción de costos de producción.(O1, O4, F5).</p> <p>2. Implementar junto con las normas actuales herramientas y teorías ingenieriles la tecnificación del proceso de producción, sin afectar la relación calidad precio. (O2, O5, F1, F3, F5).</p> <p>3. Adoptar la estrategia de outsourcing en productos no especializados, pero que sean complementarios para alcanzar la satisfacción del cliente. (O5, F5).</p>	<p>1. Capacitar a los empleados en el manejo adecuado de material con énfasis en herramientas de ingeniería con el fin de tecnificar y optimizar todo el proceso de producción. (D1, D4, D5, O1, O2, O3, O5)</p> <p>2. Implementar nuevas tecnologías y adoptar herramientas administrativas, que sirvan de apoyo para cumplir satisfactoriamente el proceso de producción en el tiempo adecuado y estipulado. (D2, D3, O1, O4, O6).</p>
AMENAZAS-A	ESTRATEGIAS-FA	ESTRATEGIAS-DA
<p>1. Generación continúa de reprocesos.</p>	<p>1. Desarrollar el producto en base a las normas ASME y API de manera</p>	<p>1. Tecnificar los procesos de producción mediante herramientas ingenieriles,</p>

2. Exceso de tiempo utilizado en el proceso de producción.	que las características específicas sean óptimas, sin incurrir en continuos reprocesos y aumento de costos. (F1, F3, A1, A3).	desarrollo e investigación con el fin de cumplir y sobrepasar las expectativas del cliente. (D1, D4, D5, A1,A2).
3. Aumento en los costos de producción.		
4. Competencia realiza inversión en investigación y desarrollo.	2. Realizar un proceso de vigilancia tecnológica que genere posibles herramientas que optimicen el proceso de producción, sin afectar la relación calidad precio y dejar de lado las especificaciones del cliente. (F4, F5, A2, A4, A5).	2. Implementar un sistema de asignación de recursos basados en la planeación, programación y control de producción. (D2, D3, A3, A4,).
5. Riesgo de pérdida de clientes ante menores precios por proyectos.		

Fuentes: Los autores 2012

Con base en la matriz DOFA se definieron las variables dependientes e influenciables relevantes para la organización mediante una entrevista con el gerente teniendo como punto de partida el comportamiento e interacción de dichas en el sistema; a continuación en el cuadro 11 se presenta una descripción detallada de los aspectos a tener en cuenta.

Cuadro 11.Declaración de factores.

N°	Nombre de la variable	Nombre corto de la variable	Descripción
1	Proceso/API	P/API	Proceso de producción basado en normas API.
2	Durabilidad/Producto	DUR/PRO	Tanques de almacenamiento con nivel de durabilidad a largo plazo.
3	Diseño-inspección/ASME	DIS_INS	Diseño e inspección según lo direcciona la norma ASME.
4	Calidad/Precio	Q/Pv	Relación de calidad – precio en el mercado.
5	Especificaciones del cliente	ESP/CLIENT	Se toma en cuenta todas las especificaciones que requiere el cliente.
6	Desperdicios	DESPER	Desperdicio de material en cuanto al manejo por los operarios.
7	Reprocesos	REPROC	Reprocesos en la producción los cuales perjudican el óptimo desarrollo del proyecto.
8	Proceso empírico	PROC/EMP	Capacitación a todos los operarios y directivos de la

			organización.
9	Descripción de puestos	DESC/PUEST	Investigación detallada de los puestos de trabajo.
10	Tiempo de producción	TIEMP/PROD	Tiempo en que se desarrolla el proyecto.
11	Costos de producción	COST/PROD	Costos de producción
12	Competencia invierte en I+D+I	COMP/I+D+I	Gestión tecnológica de la competencia en comparación con el desarrollo del sector.
13	Acceso a nuevas tecnologías	ACC/NEWTEC	Nuevas tecnologías en el mercado.
14	Outsourcing de productos	OUTS/PROD	Especialización de componentes y mantenimiento.

Fuentes: Los autores 2012

Para obtener un posible escenario de análisis se realiza una calificación subjetiva de la empresa hacia sus variables, teniendo en cuenta unos parámetros de calificación según corresponda el grado de influencia y dependencia entre las mismas.

Parámetros de calificación para la matriz de influencia:

0: Sin influencias

1: Débil

2: Media

3: Fuerte

P: Potencial

Tabla 1. Matriz de influencias.

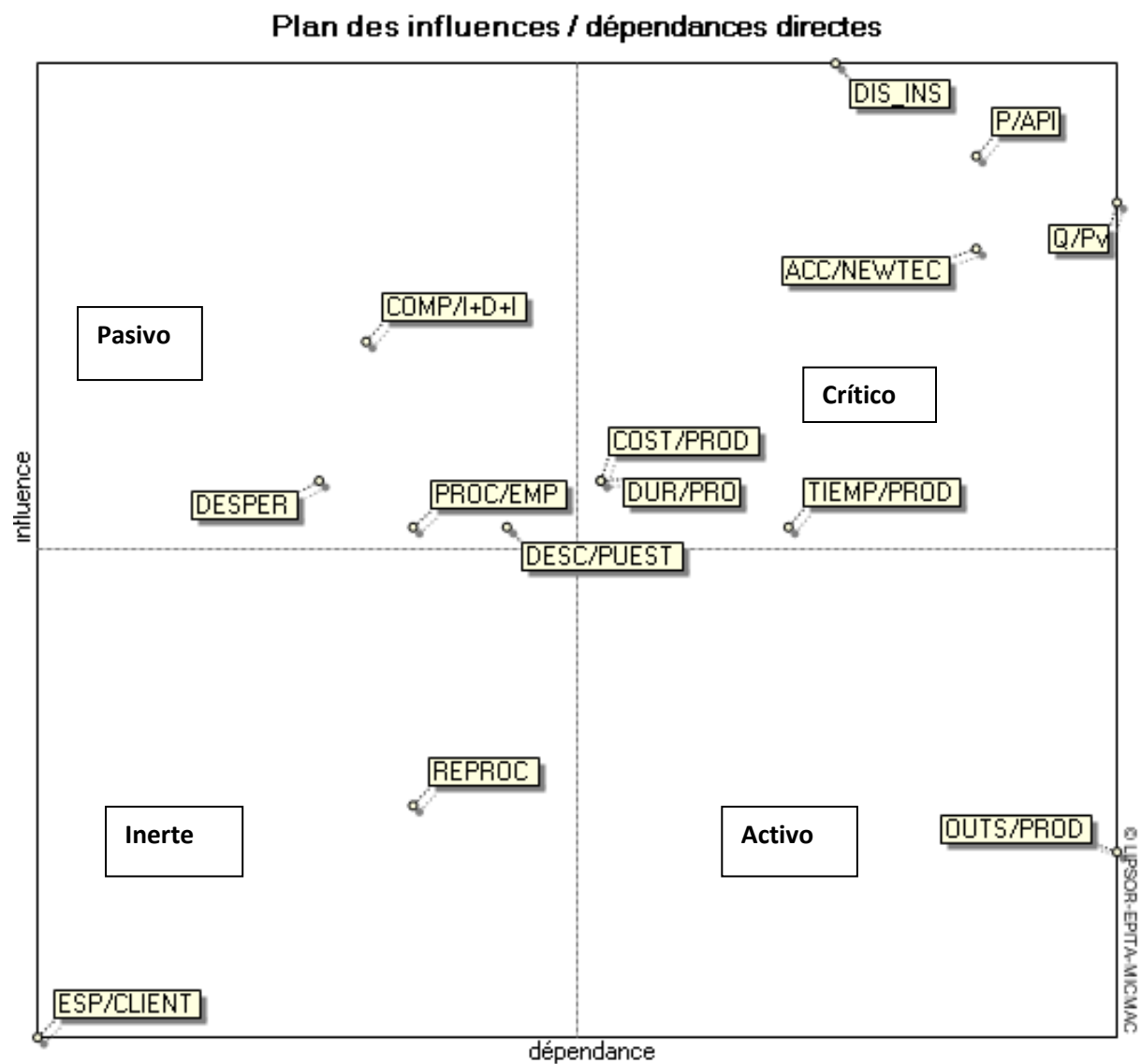
	P/API	DUR/PRO	DIS_INS	Q/Pv	ESP/CLIENT	DESPER	REPROC	PROC/EMP	DESC/PUEST	TIEMP/PROD	COST/PROD	COMP/I+D+I	ACC/NEWTEC	OUTS/PROD
P/API	0	3	3	3	1	3	3	2	1	2	3	2	2	3
DUR/PRO	1	0	2	3	1	1	1	2	1	2	2	2	3	3
DIS_INS	3	3	0	3	2	3	3	2	1	2	3	2	3	3
Q/Pv	3	P	3	0	3	2	2	3	2	3	P	3	3	3
ESP/CLIENT	1	1	2	2	0	0	0	0	0	1	2	0	1	2
DESPER	3	1	3	3	0	0	2	P	3	3	P	1	3	2
REPROC	1	3	P	3	1	P	0	P	3	P	P	1	3	2
PROC/EMP	3	2	2	2	0	P	P	0	3	3	3	1	2	2
DESC/PUEST	2	1	2	1	0	3	3	P	0	3	3	1	2	2
TIEMP/PROD	3	1	3	2	1	P	P	3	3	0	P	1	3	3
COST/PROD	3	3	3	3	0	P	P	P	2	3	0	1	3	3
COMP/I+D+I	3	1	2	3	2	1	1	2	0	3	3	0	3	3
ACC/NEWTEC	3	3	2	3	0	3	3	3	1	P	2	3	0	3
OUTS/PROD	2	1	1	3	0	1	1	2	1	2	2	P	P	0

© LIPSOR-EPTA-MICMAC

Fuentes: Los autores 2012

En base a la calificación realizada por la organización evidenciada en la tabla 1, se genera una gráfica de influencia-dependencia, que establece cuatro cuadrantes que dan a conocer el estado y comportamiento de las variables evaluadas.

Figura 3. Matriz Influencia – Dependencia.



Fuentes: Los autores 2012

Análisis de la matriz influencia – dependencia. (Figura 3)

Cuadrante pasivo (Baja influencia, alta influenciabilidad)

Se encuentra en este cuadrante las variables: Competencia invierte en I+D+I, proceso empírico, desperdicios y descripción de puestos. Así que estos factores no son muy sensibles frente a los otros factores del sistema, por eso el sistema sólo tiene posibilidades limitadas para integrar estos factores.

Cuadrante crítico (Influencia intensa, alta influenciabilidad)

Se encuentra en este cuadrante las variables: Diseño-inspección/ASME, proceso/API, calidad/precio, acceso a nuevas tecnologías, tiempo de producción, Costos de producción, durabilidad/producto. Las modificaciones pueden lograr una alta repercusión de efectos hacia otras variables por lo tanto se debe prestar atención antes de iniciar acciones de intervención en el sistema.

Cuadrante inerte (Baja influencia, baja influenciabilidad)

En este cuadrante se localizaron las variables: Reprocesos, especificaciones del cliente. Factores poco influenciables, ejercen también poca influencia, simplemente son variables que no ejercen mucha dependencia dentro de la organización.

Cuadrante activo (Influencia intensa, baja influenciabilidad)

Se localiza en este cuadrante las variables: Outsourcing de productos. Estos factores no son muy sensibles frente a los otros factores del sistema, por eso el sistema sólo tiene posibilidades limitadas para integrar estos factores.

Para evaluar que variables se deben intervenir, en la tabla 2 se generó una matriz de decisión a la cual se le relacionan los cuatros escenarios del gráfico de influencias-dependencias y cuatro alternativas generales las cuales conforman el ideal del sistema, con el fin de detectar, qué escenario se debió abordar prioritariamente.

Tabla 2. Matriz de decisión.

	Estados			
Alternativas	Escenario 1 0.25	Escenario 2 0.25	Escenario 3 0.25	Escenario 4 0.25
A1	2	3	2	1
A2	1	1	1	2
A3	2	1	2	1
A4	1	1	2	1
Resultado	1.5	1.5	1.75	1.25

Fuentes: Los autores 2012

Calificación:

1. No cumple ninguno de los requisitos.
2. Cumple con ciertos requisitos.
3. Cumple con todos los requisitos a cabalidad.

Escenario 1: Cuadrante pasivo.

Escenario 2: Cuadrante activo.

Escenario 3: Cuadrante inerte.

Escenario 4: Cuadrante crítico.

Alternativa 1: Implementar junto con las normas actuales herramientas y teorías ingenieriles la tecnificación del proceso de producción, sin afectar la relación calidad precio.

Alternativa 2: Capacitar a los empleados en el manejo adecuado de material con énfasis en herramientas de ingeniería con el fin de tecnificar y optimizar todo el proceso de producción.

Alternativa 3: Realizar un proceso de vigilancia de la actividad de producción, donde se identifique los puntos críticos para generar posibles herramientas que optimicen el proceso de producción, sin afectar la relación calidad precio y dejar de lado las especificaciones del cliente.

Alternativa 4: Tecnificar los procesos de producción mediante herramientas ingenieriles, desarrollo e investigación con el fin de cumplir y sobrepasar las expectativas del cliente.

2.2 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN.

Para realizar la adecuada selección del sistema de planeación, programación y control de la producción, se empleó el método AHP, el cual consiste en dividir o jerarquizar el problema de decisión, ilustrándolo mediante un árbol jerárquico el cual consta de cuatro niveles como se representa en la figura 4.²¹

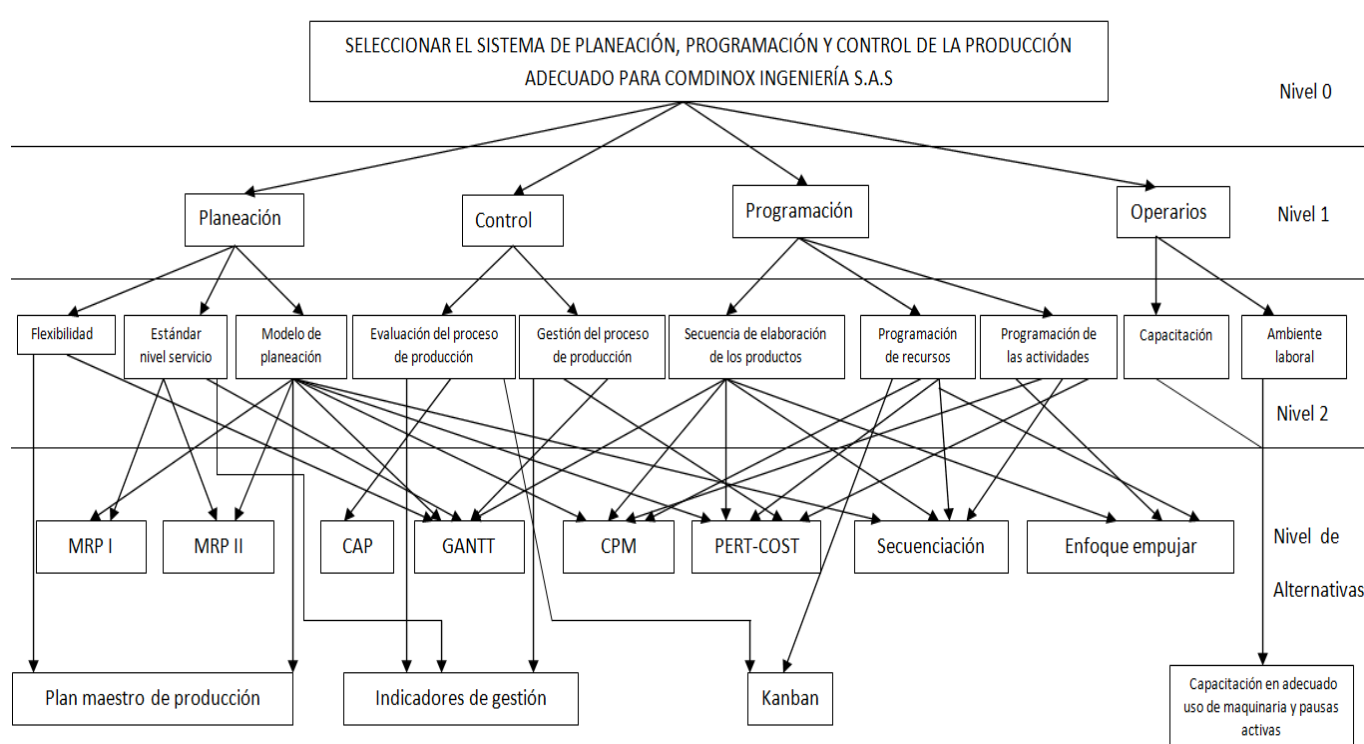
Nivel 0: Objetivo general.

Nivel 1: Criterios de importancia para el objetivo general.

Nivel 2: Subcriterios de importancia para los criterios.

Nivel de alternativas: Herramientas que darán solución al problema de decisión.

Figura 4. Árbol jerárquico de decisión.



Fuentes: Los autores 2012

²¹ Scientia et Technica Año XIV, No 39, Septiembre de 2008. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

Luego de establecer el árbol jerárquico de decisión se procede a establecer relaciones numéricas (Definidas en cuadro 12) entre los criterios, subcriterios y alternativas para determinar una ponderación que sea la adecuada para lograr el objetivo.

Cuadro 12. Calificación método AHP.

Calificación cualitativa	Calificación cuantitativa
Igualmente importante	1
Apenas más importante	3
Bastante más importante	5
Mucho más importante	7
Absolutamente más importante	9

Fuente: Los autores 2013

La ponderación arrojada de los criterios y los subcriterios es de prioridad en cómo se desarrollarán, ya que son factores que se deben abordar para la óptima selección del sistema.

Nivel de criterios (1)

Tabla 3. Criterios - Seleccionar el sistema de planeación, programación y control de la producción adecuado para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.

	Planeación	Programación	Control	Operarios	Ponderación
Planeación	1	1	1	3	0,3
Programación	1	1	1	3	0,3
Control	1	1	1	3	0,3
Operarios	0,333333333	0,333333333	0,333333333	1	0,1
Total	3,333333333	3,333333333	3,333333333	10	1

Fuente: Los autores 2013

Se evidencia en la tabla 3 que los factores de planeación, programación y control de producción son los principales dentro del desarrollo del sistema, el factor de los operarios hace parte del sistema pero tiene una participación mínima.

Nivel de subcriterios (2)

Tabla 4. Subcriterios – Planeación.

	Flexibilidad	Estándar nivel de servicio	Modelo de planeación	Ponderación
Flexibilidad	1	3	0,333333333	0,260497956
Estándar nivel de servicio	0,333333333	1	0,2	0,106156324
Modelo de planeación	3	5	1	0,63334572
Total	4,333333333	9	1,533333333	1

Fuente: Los autores 2013

En la tabla 4 la ponderación establece que el modelo de planeación es el subcriterio más importante de la relación, aunque este debe estar direccionado en satisfacer la flexibilidad y aumentar el estándar de nivel de servicio.

Tabla 5. Subcriterios – Programación.

	Secuencia de elaboración de productos	Programación de recursos	Programación de actividades	Ponderación
Secuencia de elaboración de productos	1	3	5	0,655486542
Programación de recursos	0,333333333	1	1	0,186749482
Programación de actividades	0,2	1	1	0,157763975
Total	1,533333333	5	7	1

Fuente: Los autores 2013

La secuencia de elaboración de productos (Seleccionada en la tabla 5), es la coyuntura de la programación ya que al momento de establecerla esta debe estar fundamenta en la óptima relación de recursos y actividades.

Tabla 6. Subcriterios – Control.

	Evaluación	Gestión	Ponderación
Evaluación	1	1	0,5
Gestión	1	1	0,5
Total	2	2	1

Fuente: Los autores 2013

El control en el sistema debe estar en gestión y evaluación constante durante todo el proceso. (Ver tabla 6)

Tabla 7. Subcriterios – Operarios.

	Ambiente laboral	Capacitación	Ponderación
Ambiente laboral	1	0,333333333	0,25
Capacitación	3	1	0,75
Total	4	1,333333333	1

Fuente: Los autores 2013

La capacitación en el buen manejo de material es un factor importante para el adecuado funcionamiento del sistema, adicionalmente con el óptimo desarrollo de las órdenes de trabajo la carga laboral se verá reducida. (Ver tabla 7)

Nivel de alternativas

Las alternativas son el último nivel las cuales, son herramientas ingenieriles que dan solución a los subcriterios y criterios, satisfaciendo el objetivo general. A continuación se realizó la relación de las alternativas categorizándolas por factores del nivel 2.

Tabla 8. Alternativas - Modelo de planeación.

	MRP I	MRP II	Plan maestro	CPM	PERT-COST	Secuenciación	Ponderación
MRP I	1	3	0,333333333	7	5	3	0,233950243
MRP II	0,333333333	1	0,2	7	5	3	0,167263978
Gantt	3	5	1	7	5	3	0,385226342
CPM	0,14285714	0,14285714	0,142857143	1	0,333333333	0,142857143	0,028103869
PERT-COST	0,2	0,2	0,2	3	1	0,2	0,051845417
Plan Maestro	0,333333333	0,333333333	0,333333333	7	5	1	0,133610149
Total	5,00952381	9,67619048	2,20952381	32	21,33333333	10,34285714	1

Fuente: Los autores 2013

Tabla 9. Alternativas – Flexibilidad.

	MRP I	MRP II	Plan Maestro	Gantt	Ponderación
MRP I	1	3	0,2	0,2	0,116489209
MRP II	0,333333333	1	0,333333333	0,14285714	0,064899255
Plan Maestro	5	3	1	0,333333	0,268728514
Gantt	5	7	3	1	0,549883021
Total	11,33333333	14	4,5	1,67619048	1

Fuente: Los autores 2013

Tabla 10. Alternativas - Estándar nivel de servicio.

	MRP I	MRP II	Plan maestro	Gantt	Indicadores de gestión	Ponderación
MRP I	1	3	0,33333333	0,2	0,33333333	0,092287144
MRP II	0,33333333	1	0,33333333	0,14285714	0,33333333	0,051855551
Plan maestro	3	3	1	0,2	1	0,163633604
Gantt	5	7	5	1	3	0,491299976
Indicadores de gestión	3	3	2	0,33333333	1	0,200923725
Total	12,33333333	17	8,66666667	1,87619047	5,66666666	1

Fuente: Los autores 2013

Como se puede observar en las tablas 8, 9 y 10 la ponderación de los tres subcriterios de planeación la herramienta Gantt es la adecuada, debido a dos factores principales, el primero es que esta herramienta satisface las condiciones del modelos de planeación, flexibilidad y estándar de nivel de servicio. El segundo factor, es que debido al número de limitaciones que presenta el proceso de producción (Bajo pedido) no permite el uso de otras herramientas propuestas.

Tabla 11. Alternativas - Secuencia de elaboración de productos.

	GANTT	CPM	PERT-COST	Enfoque empujar	Secuenciación	Ponderación
GANTT	1	0,33333333	0,2	0,142857143	0,111111111	0,034820809
CPM	3	1	0,33333333	0,2	0,142857143	0,067777667
PERT-COST	5	3	1	0,33333333	0,2	0,134350441
Enfoque empujar	7	5	3	1	0,33333333	0,260231588
Secuenciación	9	7	5	3	1	0,502819496
Total	25	16,33333333	9,53333333	4,676190476	1,787301587	1

Fuente: Los autores 2013

Tabla 12. Alternativas - Programación de recursos.

	CPM	PERT-COST	Secuenciación	Enfoque empujar	Kanban	Ponderación
CPM	1	0,333333333	0,142857143	0,2	3	0,065128059
PERT-COST	3	1	0,166666667		6	0,114039008
Secuenciación	9	6	1	3	9	0,512535178
Enfoque empujar	6	5	0,333333333	1	6	0,273879542
Kanban	0,33333333	0,166666667	0,111111111	0,166666667	1	0,034418214
Total	19,3333333	12,5	1,753968254	4,366666667	25	1

Fuente: Los autores 2013

Tabla 13. Alternativas - Programación de actividades.

	CPM	PERT-COST	Secuenciación	Enfoque empujar	Ponderación
CPM	1	0,333333333	0,333333333	0,166666667	0,081702441
PERT-COST	3	1	0,166666667	0,333333333	0,1222117
Secuenciación	6	3	1	3	0,49905303
Enfoque empujar	6	3	0,333333333	1	0,297032828
Total	16	7,333333333	1,833333333	4,5	1

Fuente: Los autores 2013

La programación del sistema está a cargo de la secuenciación, debido a que permite determinar el orden en que serán procesados los pedidos en los centros de trabajo, teniendo como puntos principales los trabajos, las rutas y los patrones de tiempos. (Ver tablas 11,12 y 13)

Tabla 14. Alternativas - Evaluación y gestión del proceso de producción.

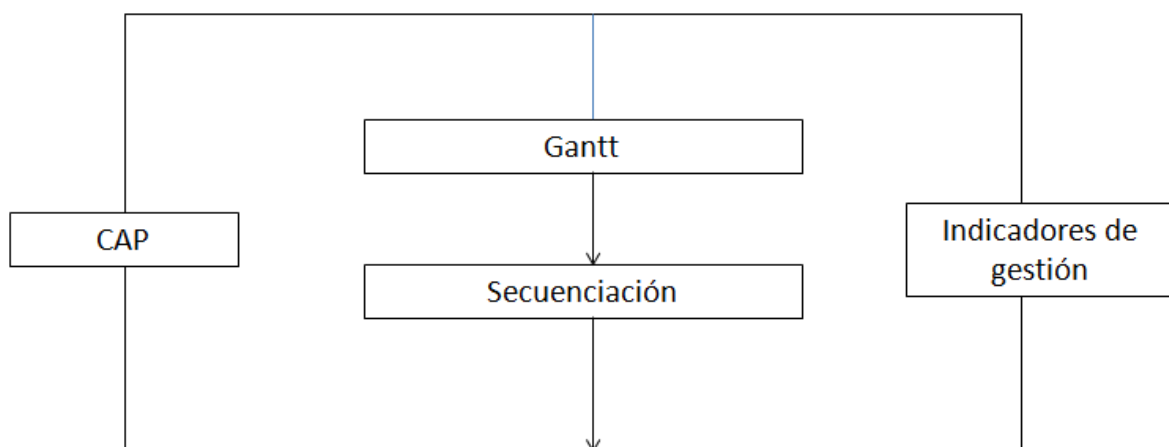
	CAP	Kanban	Indicadores de gestión	Ponderación
CAP	1	3	1	0,428571429
Kanban	0,33333333	1	0,33333333	0,142857143
Indicadores de gestión	1	3	1	0,428571429
Total	2,33333333	7	2,33333333	1

Fuente: Los autores 2013

El control del proceso de producción se debe ejercer desde el momento en que se realiza la planeación y durante el desarrollo de la actividad de manufactura, por tal razón el sistema en sí, es una herramienta de control. Para la evaluación y gestión se presentan en la tabla 14 el CAP y los indicadores que actúan como informadores para realizar un diagnóstico del estado de la actividad de producción.

En base al método anterior el sistema de planeación, programación y control de producción de forma general para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S se establece en la figura 5.

Figura 5. Sistema de planeación, programación y control de producción.



Fuente: Los autores 2013

2.3 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS INGENIERILES.

Antes de aplicar el sistema de planeación, programación y control de la producción se debe determinar la capacidad, para que la organización obtenga un horizonte de su respuesta ante la posible demanda. Para ello se debe calcular cuatro pérdidas en tiempo en las que incurre la organización.

El primer dato calculado en la tabla 15 es la perdida por mantenimiento preventivo.

Tabla 15. Pérdidas por mantenimiento preventivo.

Máquinas	No.	Pérdidas por mantenimiento preventivo (h/año)	
Cortadora	1	8	g1
Bombeadora	2	32	g1
Pestañadora	1	16	g1
Roladora	1	8	g1
Soldadora	3	36	g1
Torno	1	16	g1
Total	9	116	

Fuente: Los autores 2013

El segundo dato calculado en la tabla 16 es la pérdida por factores organizacionales.

Tabla 16. Pérdidas estándar por ausentismos, factores organizacionales y externos.

No. de trabajadores fijos	16	
Pérdidas estándar por ausentismos	20 h/año	g2
Pérdidas estándar por licencias	16 h/año	g2
Pérdidas estándar por celebraciones organizacionales	16 h/año	g3
Pérdidas estándar por órdenes incorrectas de trabajo	15 h/año	g3
Pérdidas estándar por paros	8 h/año	g4
Pérdidas estándar por efectos climáticos	16 h/año	g4

Fuente: Los autores 2013

Tabla 17. Consolidado factores de pérdidas estándar.

Pérdidas estándar por mantenimiento preventivo	116h/año	G1
Pérdidas estándar por inasistencia de los trabajadores	36 h/año	G2
Pérdidas estándar por factores organizacionales	21 h/año	G3
Pérdidas estándar por factores externos	24 h/año	G4

Fuente: Los autores 2013

Según el consolidado presentado en la tabla 17 se procede a realizar los cálculos con las formulas correspondientes.

Fórmula 1. Capacidad instalada.²²

$$Ci = \sum_{i=1}^m ni (365d * 24h) - \sum_{i=1}^m ni * gi$$

$$Ci = (9 * 365d * 24h) - (116 h/año) = 78724 \frac{h}{año}$$

²² http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/985/5/Capitulo_2.pdf; Pág. 42; consultado, 2013-03-08

Fórmula 2. Capacidad disponible.²³

$$Cd = \sum_{i=1}^m ni * dh * nt * ht - (G1 + G2 + G3 + G4)$$

$$Cd = (9 * 306d * 8h) - (116h/año + 36h/año + 21h/año + 24h/año) = 21836 \frac{h}{año}$$

Como se evidencia en las fórmulas COMDINOX INGENIERÍA S.A.S consta con una capacidad disponible de 21.836 horas al año versus su capacidad instalada que es 78.724 horas al año.

El siguiente paso luego de determinar la capacidad es representar el flujo del proceso actual con el fin de identificar factores nocivos de la actividad de producción y eliminarlos para que la aplicación del sistema no presente dificultades. Para analizar el comportamiento actual de la producción de tanques en acero inoxidable se ha llevado a cabo herramientas ingenieriles como son los diagramas de flujo de proceso y de hilos; los cuales son desarrollados a continuación.

²³ http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/985/5/Capitulo_2.pdf; Pág. 46; consultado, 2013-03-08

Figura 6. Diagrama de flujo de proceso actual.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO										
LEVANTÓ:		Juan Carlos Murcia y Kilian Sánchez				AUTORIZÓ:				
DIAGRAMA COMIENZA		Recepción de materiales								
DIAGRAMA TERMINA		Entrega al cliente								
DIAGRAMA :		ACTUAL		<input checked="" type="checkbox"/>		PROPUESTO		<input type="checkbox"/>		
		HOMBRE		<input type="checkbox"/>		MATERIAL		<input checked="" type="checkbox"/>		
PROCESO :		Fabricación de tanques de almacenamiento								
OBSERVACIONES :										
No	DESCRIPCIÓN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO	OBSERVACIONES
1	Recepción de materiales	X		X					20.0	
2	Transporte a almacén temporal Bidas - tubos - manhole		X				7.10	5.0		
3	Almacén temporal Bidas - Tubos - manhole					X		941.0		
4	Transporte a almacén temporal lámina		X				21.23	10.0		
5	Almacén temporal lámina					X		0.0		
6	Transporte de lámina		X				16.90	5.0		Por medio de un Gato Hidráulico de Patin Truper
7	A sección de corte (Tapas, cilindro, patas - refuerzos y manhole)	X						150.0		
8	Transporte de lámina para tapas a la bombeadora		X				25.52	15.0		Por medio del puente grúa
9	Bombeo de las tapas		X					300.0		
10	Transporte de lámina bombeada a la pestañadora		X				8.40	7.0		
11	Se pestañean las tapas bombeadas		X					30.0		
12	Transporte de tapas pestañadas a ensamble - soldadura		X				14.96	10.0		
13	Espera a que lleguen cilindro - cuerpo				X			140.0		
14	Transporte de lámina para cilindro a roladora		X				10.02	10.0		
15	Se forma el cilindro en la roladora		X					30.0		
16	Se suelda el cilindro		X					90.0		
17	Transporte de cilindro - cuerpo a ensamble - Soldadura		X				18.08	10.0		Por medio del puente grúa
18	Se ensambla cilindro con tapas		X					120.0		
19	Espera a que llegue patas y refuerzos				X			104.0		
20	Transporte de lámina para refuerzos y patas		X				9.92	6.0		Por medio de un Gato Hidráulico de Patin Truper
21	Se sueldan las patas a los refuerzos		X					90.0		
22	Transporte de patas y refuerzos a ensamble		X				10.55	8.0		Por medio de un Gato Hidráulico de Patin Truper
23	En ensamble se realiza la unión de las patas - refuerzos con cilindro - tapas		X					60.0		
24	Se espera boquillas de entrada y salida para ensamble				X			46.0		
25	Se transportan del almacén tubería y bridas a maquinado		X				32.66	8.0		
26	Se elaboran boquillas de entrada y salida		X					30.0		
27	Se transportan las boquillas de entrada y salida a ensamble		X				20.10	8.0		
28	Se ensambla al tanque las boquillas de entrada y salida		X					60.0		
29	El tanque de almacenamiento espera para ensamblar manhole				X			8.0		
30	Se transporta del almacén el manhole a ensamble		X				26.38	8.0		
31	Se ensambla el manhole al tanque		X					65.0		
32	El tanque se decapa con ácido		X					240.0		
33	Se realiza el proceso de detallar el tanque		X					30.0		
34	Se suelda la placa de identificación		X					5.0		
35	Se inspecciona el tanque por medio de pruebas hidráulicas y radiografías			X				360.0		
36	Entrega al cliente		X					60.0		

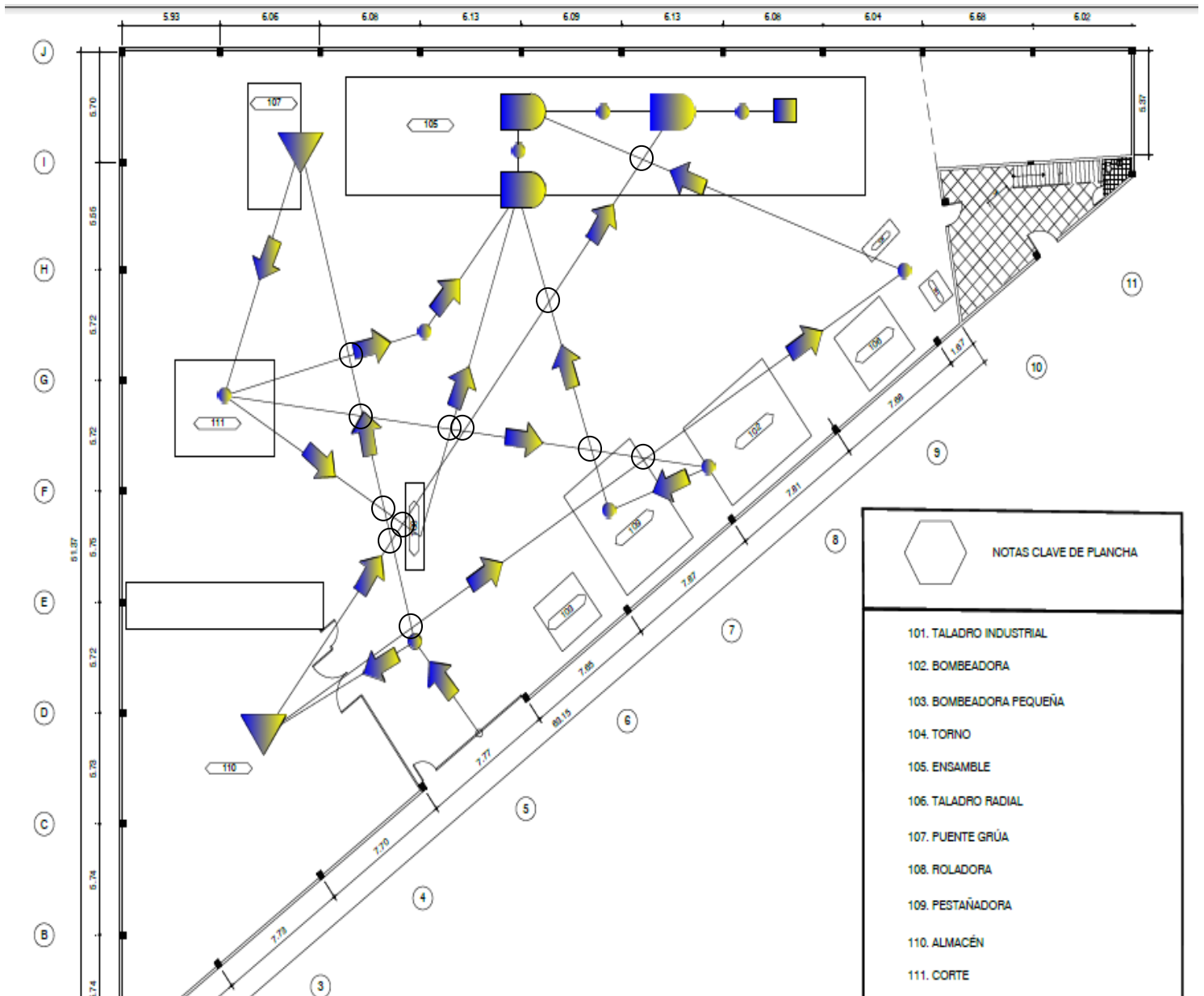
RESUMEN			
SÍMBOLO	No.	ACTUAL	
		TIEMPO (MIN)	DISTANCIA (METROS)
<input type="checkbox"/>	15	1,380.0	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	11	110.00	223.82
<input type="checkbox"/>	1	380	0.00
<input type="checkbox"/>	4	298.0	0.00
<input type="checkbox"/>	2	941.0	0.00

Fuente: Los autores 2013

Teniendo en cuenta el diagrama de la figura 6, se concluyó que la fabricación tiene un total de distancia recorrida de 223.82 metros y presenta un tiempo total de 3109 minutos. Considerando que hay movimientos de material que no son los

adecuados, se realizó un diagrama de hilos para mirar el comportamiento del proceso actual de la planta y así determinar sus respectivas mejoras.

Figura 7. Diagrama de hilos actual.



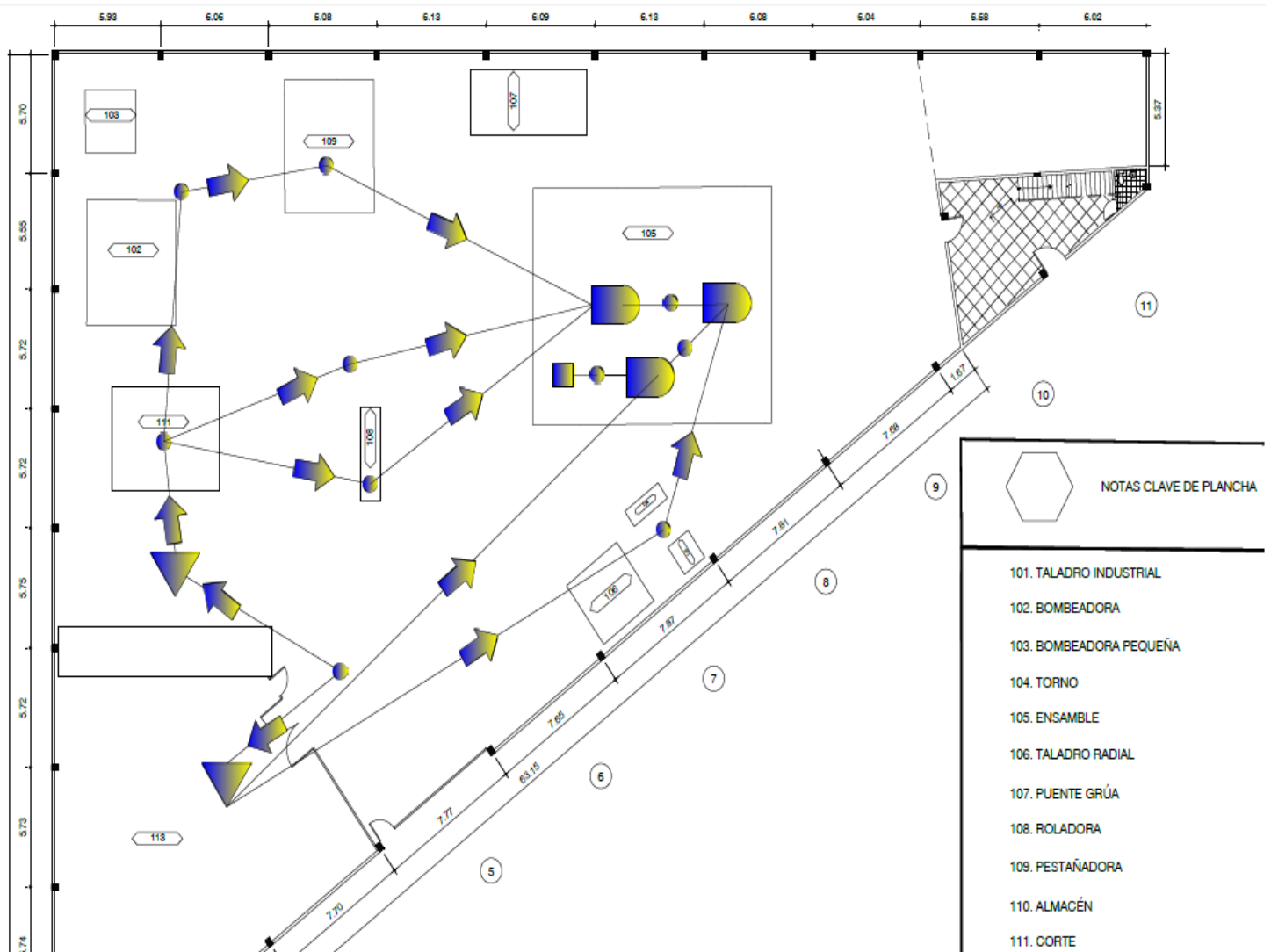
Fuentes: Los autores 2013

Mediante el desarrollo del diagrama de hilos se observó que hay un total de 12 cruces como se ve en la figura 7; teniendo en cuenta que el principal problema es la inadecuada distribución de los puestos de trabajo se propuso una nueva

distribución para reducir los factores distancia, tiempo y así desarrollar una adecuada producción teniendo en cuenta tanto movimientos de material como de operarios.

A continuación se presenta la propuesta de mejora en cuanto a diagramas de flujo y de hilos.

Figura 8. Diagrama de hilos propuesto.



Fuentes: Los autores 2013

En esta nueva distribución en planta lo que se propuso fue trasladar las máquinas que estaban en el costado inferior (Bombeadoras y pestañadora) para que

empiece el proceso en el costado superior; es decir se realiza la recepción del material llegando a proceso de corte el cual es enviado a las dos bombeadoras y partiendo de este flujo se desarrolla un mejor proceso de fabricación sin recorridos extensos, ni cruces en transportes de material ni de operarios. Para un mejor entendimiento cuantitativo del diagrama se presenta el diagrama de flujo propuesto. (Ver figura 9)

Figura 9. Diagrama de flujo propuesto.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

LEVANTÓ:	Juan Carlos Murcia y Kilian Sánchez	AUTORIZÓ:		FECHA:	05/03/2013
DIAGRAMA COMIENZA	Recepción de materiales				
DIAGRAMA TERMINA	Entrega al cliente				
DIAGRAMA :	ACTUAL	<input type="checkbox"/>	PROPUESTO	<input checked="" type="checkbox"/>	
	HOMBRE	<input type="checkbox"/>	MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	
PROCESO :	Fabricación de tanques de almacenamiento				
OBSERVACIONES :					

No	DESCRIPCIÓN	RECEPCIÓN	TRANSPORTE	MANEJO	ENSAMBLAJE	ALMACENAMIENTO	CANTIDAD	DISTANCIA	TIEMPO	OBSERVACIONES
1	Recepción de materiales	X		X					20.0	
2	Transporte a almacén temporal Bidas - tubos - manhole		X				7.10	5.0		
3	Almacén temporal Bidas - Tubos - manhole				X			9.77	5.0	
4	Transporte a almacén temporal lámina		X						0.0	
5	Almacén temporal lámina				X			5.39	2.0	Por medio de un Gato Hidráulico de Patin Truper
6	Transporte de lámina		X						150.0	
7	A sección de corte (Tapas, cilindro, patas - refuerzos y manhole)	X						11.98	7.0	Por medio del puente grúa
8	Transporte de lámina para tapas a la bombeadora		X						300.0	
9	Bombeo de las tapas	X						8.26	7.0	
10	Transporte de lámina bombeada a la pestañadora		X						30.0	
11	Se pestañean las tapas bombeadas	X						16.29	11.0	
12	Transporte de tapas pestañadas a ensamble - soldadura		X						141.0	
13	Espera a que lleguen cilindro - cuerpo				X			11.75	12.0	
14	Transporte de lámina para cilindro a roladora		X						30.0	
15	Se forma el cilindro en la roladora	X							90.0	
16	Se suelda el cilindro	X						15.04	9.0	Por medio del puente grúa
17	Transporte de cilindro - cuerpo a ensamble - Soldadura		X						120.0	
18	Se ensambia cilindro con tapas	X							108.0	
19	Espera a que llegue patas y refuerzos				X			11.08	7.0	Por medio de un Gato Hidráulico de Patin Truper
20	Transporte de lámina para refuerzos y patas		X						90.0	
21	Se sueldan las patas a los refuerzos	X						13.85	11.0	Por medio de un Gato Hidráulico de Patin Truper
22	Transporte de patas y refuerzos a ensamble		X						60.0	
23	En ensamble se realiza la unión de las patas - refuerzos con cilindro - tapas	X							42.0	
24	Se espera boquillas de entrada y salida para ensamble				X			27.87	7.0	
25	Se transportan del almacén tubería y bridas a maquinado		X						30.0	
26	Se elaboran boquillas de entrada y salida	X						11.41	5.0	
27	Se transportan las boquillas de entrada y salida a ensamble		X						60.0	
28	Se ensambia al tanque las boquillas de entrada y salida	X							9.0	
29	El tanque de almacenamiento espera para ensamblar manhole				X			31.83	9.0	
30	Se transporta del almacén el manhole a ensamble		X						65.0	
31	Se ensambia el manhole al tanque	X							240.0	
32	El tanque se decapa con ácido	X							30.0	
33	Se realiza el proceso de detallar el tanque	X							5.0	
34	Se suelda la placa de identificación	X							360.0	
35	Se inspecciona el tanque por medio de pruebas hidráulicas y radiografías			X					60.0	
36	Entrega al cliente	X								

RESUMEN

SÍMBOLO	PROPUESTO		
	No.	TIEMPO (MIN)	DISTANCIA (METROS)
○	OPERACIÓN	15	1,380.0
→	TRANSPORTE	11	97.00
□	INSPECCIÓN	1	380
▽	DESCARGA	4	300.0
▽	ALMACENAMIENTO	2	936.0

Fuente: Los autores 2013

Con base en la nueva distribución en planta se obtuvo una distancia total de 181.62 metros reduciendo en 42,2 metros los recorridos de material con respecto al actual proceso. Otro punto a tener en cuenta es el tiempo de fabricación ya que reduce en 16 minutos porque el transporte de material representa el 3.12 % del tiempo total de fabricación.

Para el desarrollo de la planeación y la programación se realizó de manera conjunta en el software de libre uso Legin Scheduling System, el cual consiste en determinar el orden de fabricación de los pedidos a partir de la herramienta de secuenciación SPT, e ilustra mediante el Gantt la actividad de producción con sus respectivos tiempos de procesamiento, facilitando el control que se debe ejercer en el proceso, y en factores específicos como lo son: Actividades en los centros de trabajo y secuencia de elaboración de los pedidos.

A continuación en cuadro 13 se exponen las órdenes de trabajo de la empresa correspondientes al mes de marzo, las cuales se van a proceder a planear y a programar.

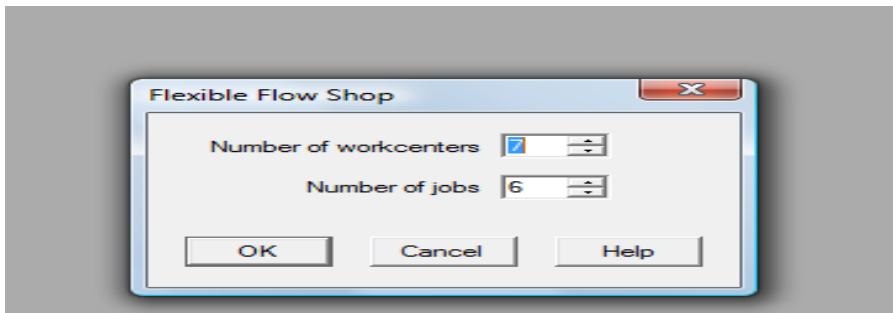
Cuadro 13. Consecutivo ordenes de trabajo Marzo de 2013.

CONSECUTIVO ÓRDENES DE TRABAJO 1 MARZO 2.013		
O.T.	CLIENTE	EQUIPOS
594	ICM S.A.S	1960
595	CARBOQUIMICA S.A.S	1960
596	YANBAL DE COLOMBIA	1960
597	BAVARIA	1963
598	BAVARIA	1963
599	BAVARIA	1963

Fuente: Consecutivo O.T- COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. 2013

Para realizar la planeación y programación lo primero que se realiza es determinar en el software el modo en que se va a desarrollar la producción y el número de centros de trabajo y las órdenes que se vayan a realizar. (Ver figura 10)

Figura 10. Número de centros y órdenes de trabajo.



Fuente: Los autores 2013

Luego se procede a nombrar los centros de trabajo y asignar el número de máquinas por cada uno como se ilustra en la figura 11.







Figura 11. Nombramiento de centros de trabajo.



Fuente: Los autores 2013

Una vez determinados los centros de trabajo, en la figura 12 se visualiza el nombramiento de las órdenes y se asignan los tiempos de procesamiento por cada estación del proceso de producción.

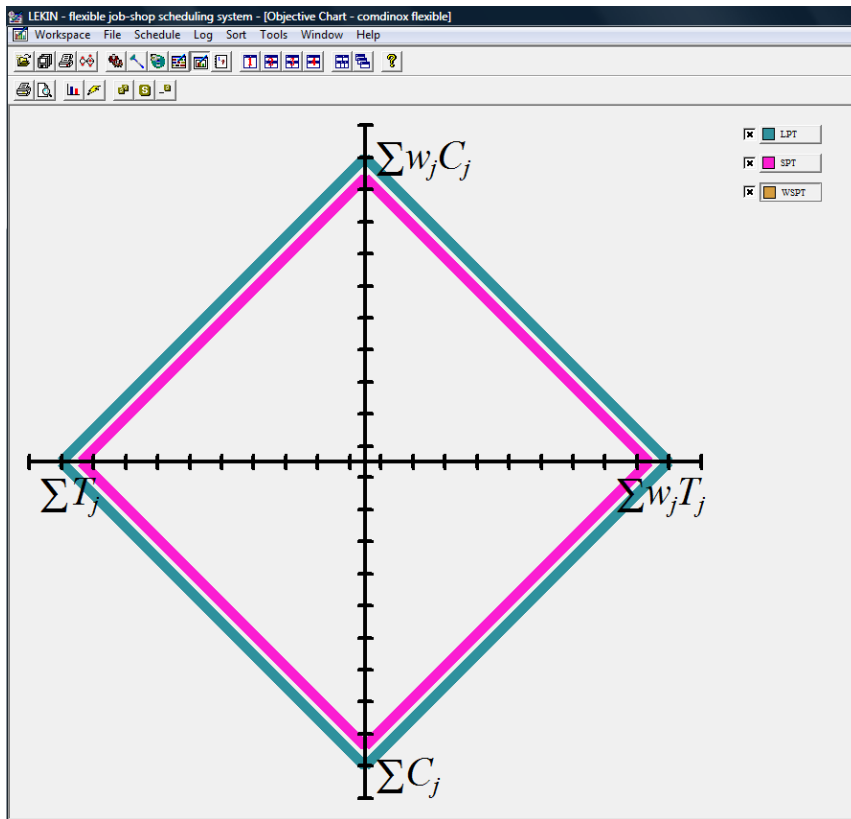
Figura 12. Asignación tiempos de procesamiento.

ID	Wght	Rls	Due	Pr.tm.
Tanque Carboquímica S.A.S	4	0	0	2088
 Cortadora				190
 Bombeadora				315
 Pestañadora				37
 Roladora				40
 Maquinado				38
 Ensamble				833
 Detalles y calidad				635

Fuente: Los autores 2013

Con el consolidado de los centros y órdenes de trabajo se procede a elegir la regla para realizar la secuenciación que en este caso es SPT (Menor tiempo de procesamiento) debido a que no existe un criterio de prioridad para los proyectos.

Figura 13. Comparación reglas de secuenciación.

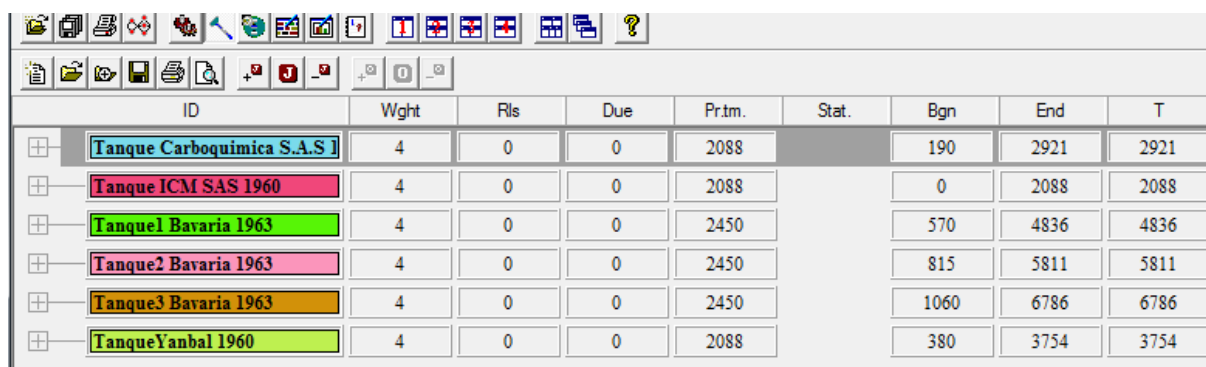


Fuente: Los autores 2013

Como se evidencia en figura 13 generada por el software en base a la programación de las órdenes de trabajo, las tendencias de las otras reglas de secuenciación (LPT, WSPT) son mayores en cuanto a la fecha de terminación y las tardanzas en un 9%, mayor a la regla SPT, indicando que esta es la adecuada para generar la secuenciación.

El sistema dimensiona la planeación y la programación conjuntamente arrojando información para determinar fechas de inicio y de entrega de cada producto. Por lo cual el software genera la siguiente información.

Figura 14. Secuencia de las órdenes de trabajo.

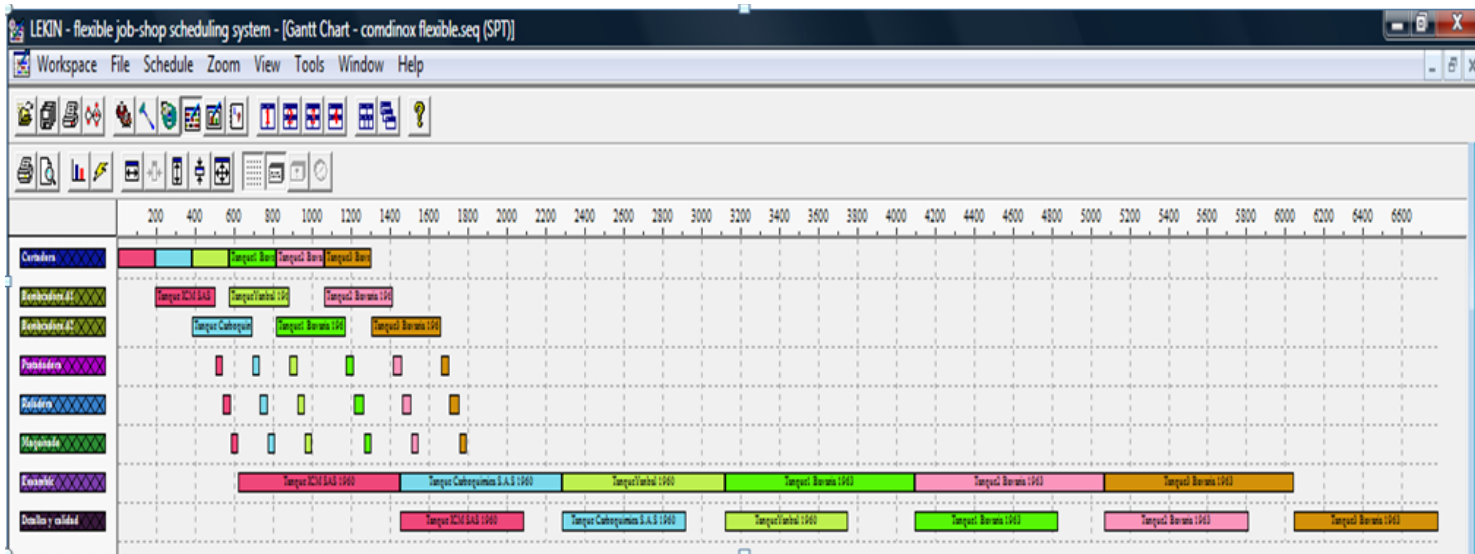


ID	Wght	Rls	Due	Prtm.	Stat.	Bgn	End	T
Tanque Carboquimica S.A.S I	4	0	0	2088		190	2921	2921
Tanque ICM SAS 1960	4	0	0	2088		0	2088	2088
Tanque1 Bavaria 1963	4	0	0	2450		570	4836	4836
Tanque2 Bavaria 1963	4	0	0	2450		815	5811	5811
Tanque3 Bavaria 1963	4	0	0	2450		1060	6786	6786
TanqueYanbal 1960	4	0	0	2088		380	3754	3754

Fuente: Los autores 2013

Dependiendo del tiempo de procesamiento de las órdenes de trabajo el cual está dado en minutos, el programa Lekin los clasifica y secuencia, como se evidencia en la figura 14. En la casilla weight, todos los tanques tiene la misma prioridad. Se presentan los tiempos de procesamiento totales por cada producto, hay que aclarar que en estos tiempos están dimensionados el transporte hacia cada estación de trabajo. Lo último que se expone es el momento de inicio y de finalización por cada pedido.

Figura 15. Diagrama Gantt ordenes de trabajo.



Fuente: Los autores 2013

El diagrama Gantt de la figura 15 representa la secuencia en que se va ir desarrollando las órdenes de trabajo, en los centros de trabajo e ilustra el tiempo en minutos en que cada actividad incurre. Esta herramienta permite dar una visión de cómo es el desarrollo del proceso y es entendible para todos los agentes de la organización.

Figura 16. Diagrama tiempos de procesamiento por orden de trabajo.

LEKIN - flexible job-shop scheduling system - [Job Pool - comdinor flexible.job (Flow Shop)]									
Workspace File Schedule Job Operation Sort Tools Window Help									
ID	Wght	Rls	Due	Prim.	Stat.	Bgn	End	T	
Tanque Carboquímica S.A.S	4	0	0	2088		190	2921	2921	
Cortadora				190	A	190	380		
Bombeadora				315	A	380	695		
Pestañadora				37	A	695	732		
Roladora				40	A	732	772		
Maquinado				38	A	772	810		
Ensamble				833	A	1453	2286		
Detalles y calidad				635	A	2286	2921		
Tanque ICM SAS 1960	4	0	0	2088		0	2088	2088	
Cortadora				190	A	0	190		
Bombeadora				315	A	190	505		
Pestañadora				37	A	505	542		
Roladora				40	A	542	582		
Maquinado				38	A	582	620		
Ensamble				833	A	620	1453		
Detalles y calidad				635	A	1453	2088		
Tanque1 Bavaria 1963	4	0	0	2450		570	4836	4836	
Cortadora				245	A	570	815		
Bombeadora				355	A	815	1170		
Pestañadora				45	A	1170	1215		
Roladora				50	A	1215	1265		
Maquinado				38	A	1265	1303		
Ensamble				975	A	3119	4094		
Detalles y calidad				742	A	4094	4836		
Tanque2 Bavaria 1963	4	0	0	2450		815	5811	5811	
Cortadora				245	A	815	1060		
Bombeadora				355	A	1060	1415		
Pestañadora				45	A	1415	1460		
Roladora				50	A	1460	1510		
Maquinado				38	A	1510	1548		
Ensamble				975	A	4094	5069		
Detalles y calidad				742	A	5069	5811		
Tanque3 Bavaria 1963	4	0	0	2450		1060	6786	6786	
Cortadora				245	A	1060	1305		
Bombeadora				355	A	1305	1660		
Pestañadora				45	A	1660	1705		
Roladora				50	A	1705	1755		
Maquinado				38	A	1755	1793		
Ensamble				975	A	5069	6044		
Detalles y calidad				742	A	6044	6786		
TanqueYanbal 1960	4	0	0	2088		380	3754	3754	
Cortadora				190	A	380	570		
Bombeadora				315	A	570	885		
Pestañadora				37	A	885	922		
Roladora				40	A	922	962		
Maquinado				38	A	962	1000		
Ensamble				833	A	2286	3119		
Detalles y calidad				635	A	3119	3754		

Fuente: Los autores 2013

En la figura 16 se ilustra los tiempos de procesamiento en minutos de cada orden en los centros de trabajo, los tiempos de llegada y de partida de los productos en proceso.

Una vez obtenida esta información COMDINOX INGENIERÍA S.A.S, define el qué, cómo y el cuándo obteniendo la dimensión en recursos de lo que implica realizar las órdenes de trabajo, dándole un horizonte de cuánto tiempo será necesario para realizar los proyectos, que disponibilidad se tiene de los diferentes agentes de la organización, se establece en qué secuencia se van a realizar los productos, en qué momento se debe iniciar con las diferentes actividades en los centros de trabajo, y en qué momento finalizaran.

Cuando se empieza el desarrollo de los productos entra la herramienta CAP, la cual se encarga de verificar que toda la información generada en el ámbito de planeación y programación se esté cumpliendo ejerciendo un control adecuado sobre el sistema.

La organización en su actual actividad de manufactura no dimensiona ninguno de los anteriores factores, por lo tanto se verá reflejada porcentual y económicamente en los indicadores de gestión la diferenciación entre los sistemas actual y propuesto.

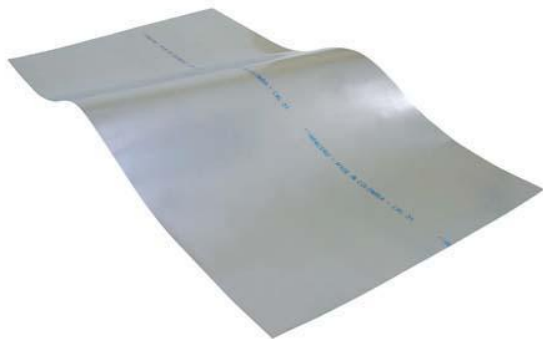
2.4 VALIDACIÓN DEL PLAN DE PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE UNA SIMULACIÓN.

Tras el desarrollo del sistema de producción planteado en el transcurso del documento se realizó una simulación en Promodel para observar el comportamiento de todo el sistema y así analizar sus respectivos datos de salida.

Caracterización del escenario

ENTIDAD: Es la representación del flujo de entrada a un sistema; en este caso son rollos de lámina en acero inoxidable, esta es la que sufre cambios en el transcurso del proceso dando origen a nuevas entidades según la operación que corresponda.

Imagen 2. Lámina acero inoxidable.



Características

- Lamina en acero inoxidable
- Tipo 304 - 316

Fuente: Los autores 2013

LOCALIZACIÓN: Son los lugares donde se realiza o se espera por una transformación. En el sistema de Producción, los cuales son:

- Almacén

Imagen 3. Almacén.



Fuente: Los autores 2013

Características

Zona donde se almacenan todos los materiales comprendidos en la organización desde los insumos hasta maquinaria. Su área establecida es de 110.9 m².

- Corte

Imagen 4. Sección de corte.



Fuente: Los autores 2013

Características

Espacio establecido para realizar los cortes de material, está compuesto de máquinas de plasma, tronzadora, pulidoras, equipo de acetileno y cortadora eléctrica.

- Bombeadora.1

Imagen 5. Bombeadora.



Fuente: Los autores 2013

Características

Sus dimensiones son de 3.8 metros de altura, 6 metros de ancho y 6 metros de largo. Tiene una capacidad de bombeo máximo 3 metros de diámetro por tapa.

- Bombeadora.2

Imagen 6. Bombeadora Pequeña.



Fuente: Los autores 2013

Características

Tiene una capacidad de bombeo máximo de 1.8 metros por tapa y sus dimensiones son de 3.10 metros de alto, 3 metros de ancho y 2.84 metros de largo.

- Pestañadora

Imagen 7. Pestañadora.



Características

Tiene 2.25 metros de alto, 1.5 metros de ancho y 4.6 metros de largo, tiene como máxima capacidad de pestañeo 4.5 metros de diámetro por tapa.

Fuente: Los autores 2013

- Roladora

Imagen 8. Roladora



Características

Tiene una altura de 1.20 metros, de ancho 1.30 metros y de largo 4.5 metros; según el grosor de la lámina tiene una capacidad máxima de 3 metros de diámetro por cilindro.

Fuente: Los autores 2013

- Maquinado

Imagen 9. Proceso de maquinado.



Características

Es el proceso en el cual se realizan las patas, el manhole y las boquillas de entrada - salidas; está compuesta por un torno un esmeril y un taladro vertical.

Fuente: Los autores 2013

- Ensamble

Imagen 10. Zona de ensamble.



Características

Presenta un área de operación 151.84 m² teniendo como principal función el de ensamblar todas las partes del tanque; consta de equipos de soldadura y dos puentes grúa.

Fuente: Los autores 2013

- Los planos de la planta: Es una localización para orientar al lector sobre la distribución real de la planta, por lo tanto no me altera en nada el comportamiento a la hora de simular el sistema.

RECURSOS: Son los operarios necesarios para llevar a cabo una operación, que para nuestro sistema son: El almacenista, bombeador, pestañador, cortador, maquinista, rolador y por último el soldador.

RED DE TRAYECTORIA: Es el comando donde me permite determinar las rutas a seguir por parte de los recursos; en este caso se desarrollo la ruta del almacenista, ruta del cortador, ruta del bombeador, ruta del pestañador, ruta del maquinista y la ruta del soldador.

PROCESO: En él se desarrolla el proceso de fabricación de tanques en acero inoxidable desde la entrada al almacén hasta el proceso final de ensamble.

ARRIBOS: En este comando se lleva a cabo las tasas de arribos por parte de las entidades.

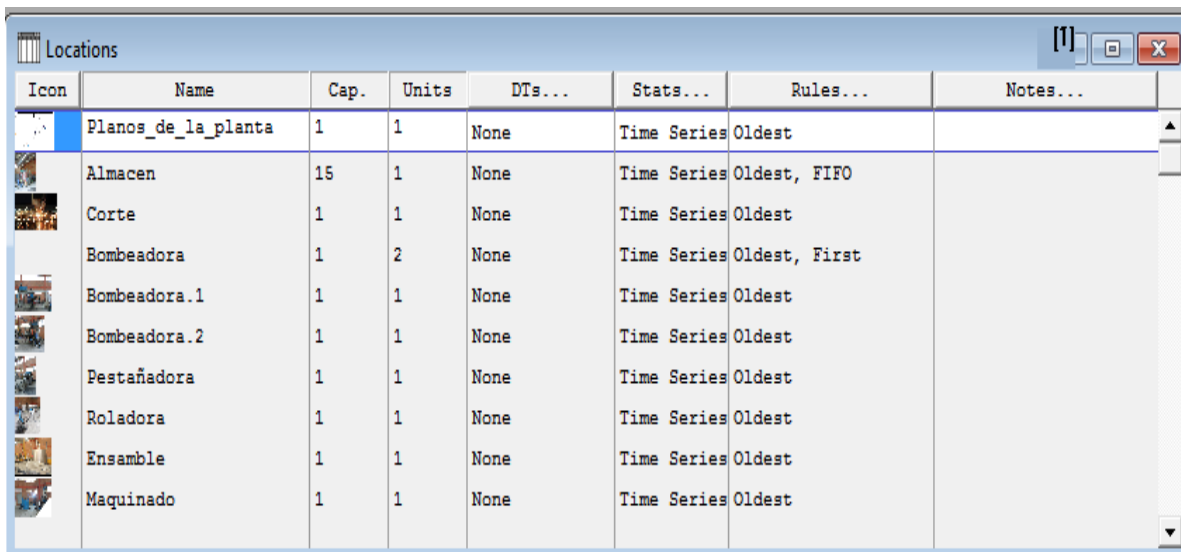
Proceso de simulación

En primera instancia se determinaron lo que son las locaciones que son todos los lugares a usar en la simulación (figura 17), como por ejemplo se necesito:

- **Planos de la planta:** Muestra los planos de la planta donde se va a desarrollar la producción.
- **Almacén:** Es el lugar donde llegan los rollos de lámina en acero inoxidable.
- **Corte:** Zona donde se realiza el corte de la lámina transformándola en nuevas entidades.
- **Bombeadoras:** Localizaciones las cuales se encargan de bombear las láminas para las tapas del tanque.

- **Pestañadora:** Máquina que realiza el pestañeo de las tapas bombeadas.
- **Roladora:** Máquina que desarrolla el rolado de la lámina formando la curvatura para el cuerpo.
- **Maquinado:** Sección donde con ayuda del torno, esmeril y taladro vertical se realizan las Patas, Manhole y Boquillas del tanque.
- **Ensamble:** Sección final del proceso el cual se utiliza para unir las tapas con el cuerpo, el manhole, patas y boquillas del tanque.

Figura 17. Ventana locations.

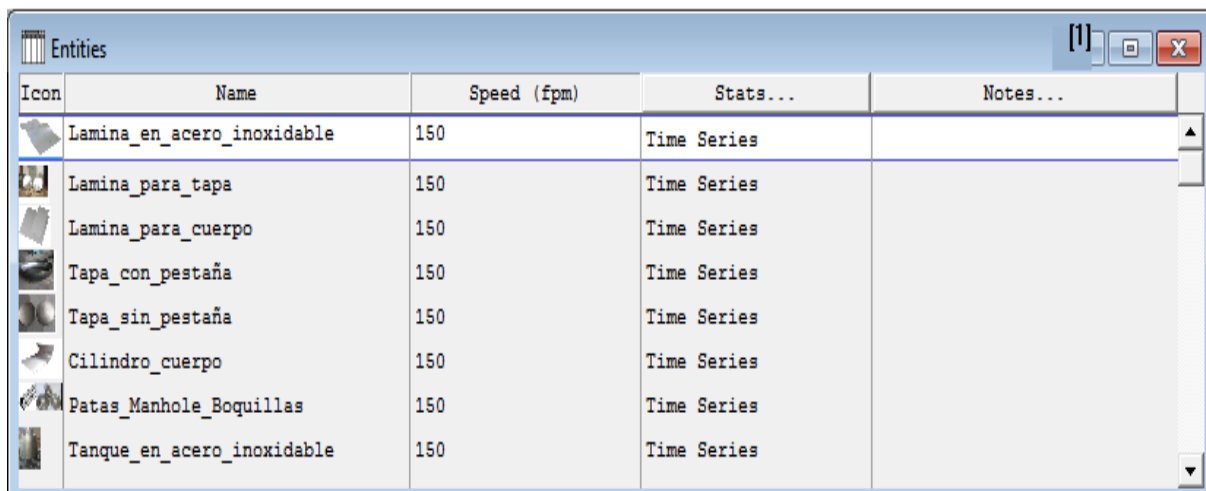


Icon	Name	Cap.	Units	DTs...	Stats...	Rules...	Notes...
	Planos_de_la_planta	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Almacen	15	1	None	Time Series	Oldest, FIFO	
	Corte	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Bombeadora	1	2	None	Time Series	Oldest, First	
	Bombeadora.1	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Bombeadora.2	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Pestañadora	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Roladora	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Ensamble	1	1	None	Time Series	Oldest	
	Maquinado	1	1	None	Time Series	Oldest	

Fuente: Los autores 2013

Como segundo aspecto en la figura 18 se encuentran las entidades (Entities) que van a circular en la simulación, en este caso se relacionan la Lamina_en_acero_inoxidable, Lamina_para_tapa, Lamina_para_cuerpo, Tapa_con_pestaña, Tapa_sin_pestaña, Cilindro_cuerpo, Patas_Manhole_Boquillas y por último el Tanque_en_acero_inoxidable; estas entidades pasan por el sistema a una rapidez de traslado de 150 fpm.

Figura 18. Ventana Entities.

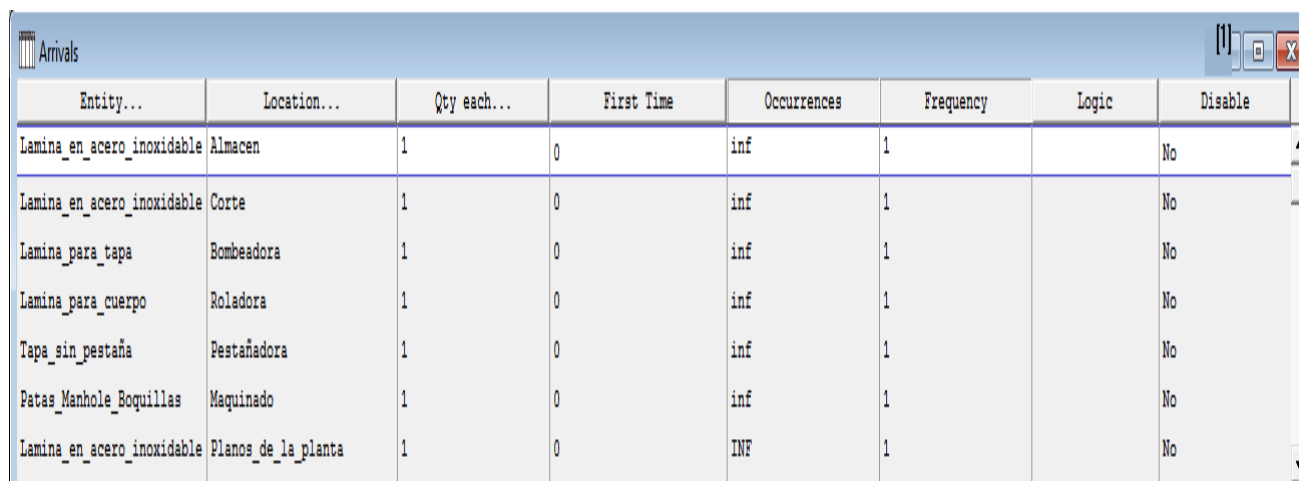


Icon	Name	Speed (fpm)	Stats...	Notes...
	Lamina_en_acero_inoxidable	150	Time Series	
	Lamina_para_tapa	150	Time Series	
	Lamina_para_cuerpo	150	Time Series	
	Tapa_con_pestaña	150	Time Series	
	Tapa_sin_pestaña	150	Time Series	
	Cilindro_cuerpo	150	Time Series	
	Patas_Manhole_Boquillas	150	Time Series	
	Tanque_en_acero_inoxidable	150	Time Series	

Fuente: Los autores 2013

Como tercera instancia se debe tener en cuenta la figura 19 arrivals, ya que en ella muestra con qué frecuencia va a llegar la entidad al sistema con respecto al rollo de lámina. En este caso como es una producción por pedidos no se tiene una tasa específica de tiempos entre llegadas, por consiguiente se le colocó que tenía una frecuencia de 1 con infinitas ocurrencias.

Figura 19. Ventana arrivals.

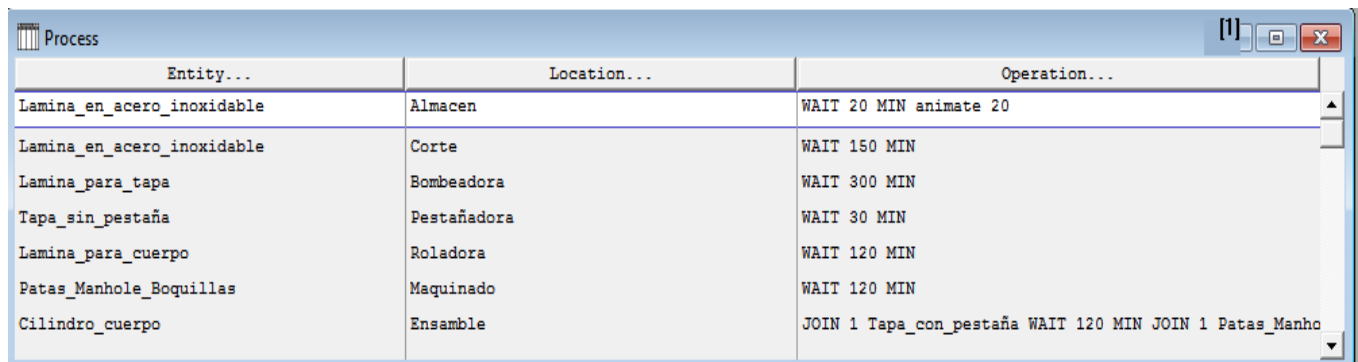


Entity...	Location...	Qty each...	First Time	Occurrences	Frequency	Logic	Disable
Lamina_en_acero_inoxidable	Almacen	1	0	inf	1		No
Lamina_en_acero_inoxidable	Corte	1	0	inf	1		No
Lamina_para_tapa	Bombedora	1	0	inf	1		No
Lamina_para_cuerpo	Roladora	1	0	inf	1		No
Tapa_sin_pestaña	Pestañadora	1	0	inf	1		No
Patas_Manhole_Boquillas	Maquinado	1	0	inf	1		No
Lamina_en_acero_inoxidable	Planos_de_la_planta	1	0	INF	1		No

Fuente: Los autores 2013

Otro aspecto a tener en cuenta y que es muy importante es el comando processing (Figura 20) que es todo el recorrido que debe realizar la entidad en la simulación. En este caso al mandar la orden de producción llega la lámina en acero inoxidable al almacén, después se dirige a la sección de corte, de ahí es trasladado cada corte para su respectiva localización y llega a la etapa de ensamble donde se unen permanentemente las partes del tanque por soldadura, por último sale el tanque en acero inoxidable y sale del sistema. En el proceso se colocaron los tiempos de servicio que se asignaron en los diagramas de flujo de proceso propuesto.

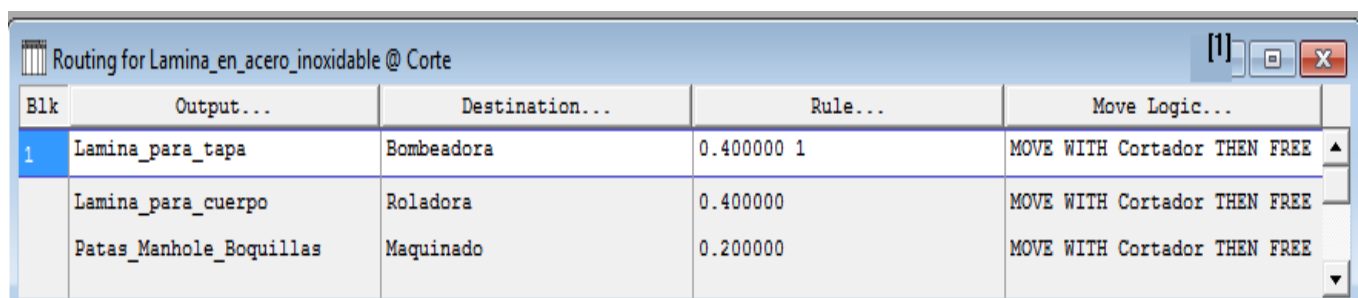
Figura 20. Ventana process.



Entity...	Location...	Operation...
Lamina_en_acero_inoxidable	Almacen	WAIT 20 MIN animate 20
Lamina_en_acero_inoxidable	Corte	WAIT 150 MIN
Lamina_para_tapa	Bombedadora	WAIT 300 MIN
Tapa_sin_pestaña	Pestañadora	WAIT 30 MIN
Lamina_para_cuerpo	Roladora	WAIT 120 MIN
Patas_Manhole_Boquillas	Maquinado	WAIT 120 MIN
Cilindro_cuerpo	Ensamble	JOIN 1 Tapa_con_pestaña WAIT 120 MIN JOIN 1 Patas_Manho

Fuente: Los autores 2013

Figura 21. Ventana Routing for.



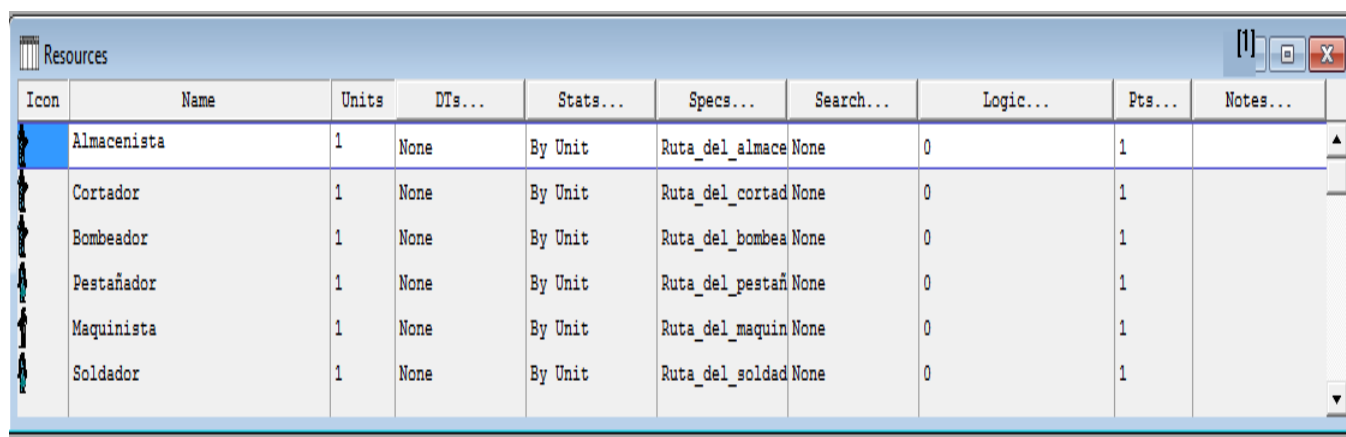
Blk	Output...	Destination...	Rule...	Move Logic...
1	Lamina_para_tapa	Bombedadora	0.400000 1	MOVE WITH Cortador THEN FREE
	Lamina_para_cuerpo	Roladora	0.400000	MOVE WITH Cortador THEN FREE
	Patas_Manhole_Boquillas	Maquinado	0.200000	MOVE WITH Cortador THEN FREE

Fuente: Los autores 2013

La ventana routing for se desarrolla para cada processing en este caso, es de la etapa de corte como se evidencia en la figura 21; aquí muestra la entidad que sale del proceso y que recurso lo lleva a la siguiente operación.

Después de realizar el processing se tiene que asignar los recursos que van a tenerse en cuenta para la realización del pedido en este caso se presentan los siguientes recursos: Almacenista, bombeador, pestañador, cortador, maquinista y soldador. (Ver figura 22)

Figura 22. Ventana Resources.



Icon	Name	Units	DTs...	Stats...	Specs...	Search...	Logic...	Pts...	Notes...
	Almacenista	1	None	By Unit	Ruta_del_almace	None	0	1	
	Cortador	1	None	By Unit	Ruta_del_cortad	None	0	1	
	Bombeador	1	None	By Unit	Ruta_del_bombee	None	0	1	
	Pestañador	1	None	By Unit	Ruta_del_pestañ	None	0	1	
	Maquinista	1	None	By Unit	Ruta_del_maquin	None	0	1	
	Soldador	1	None	By Unit	Ruta_del_soldad	None	0	1	

Fuente: Los autores 2013

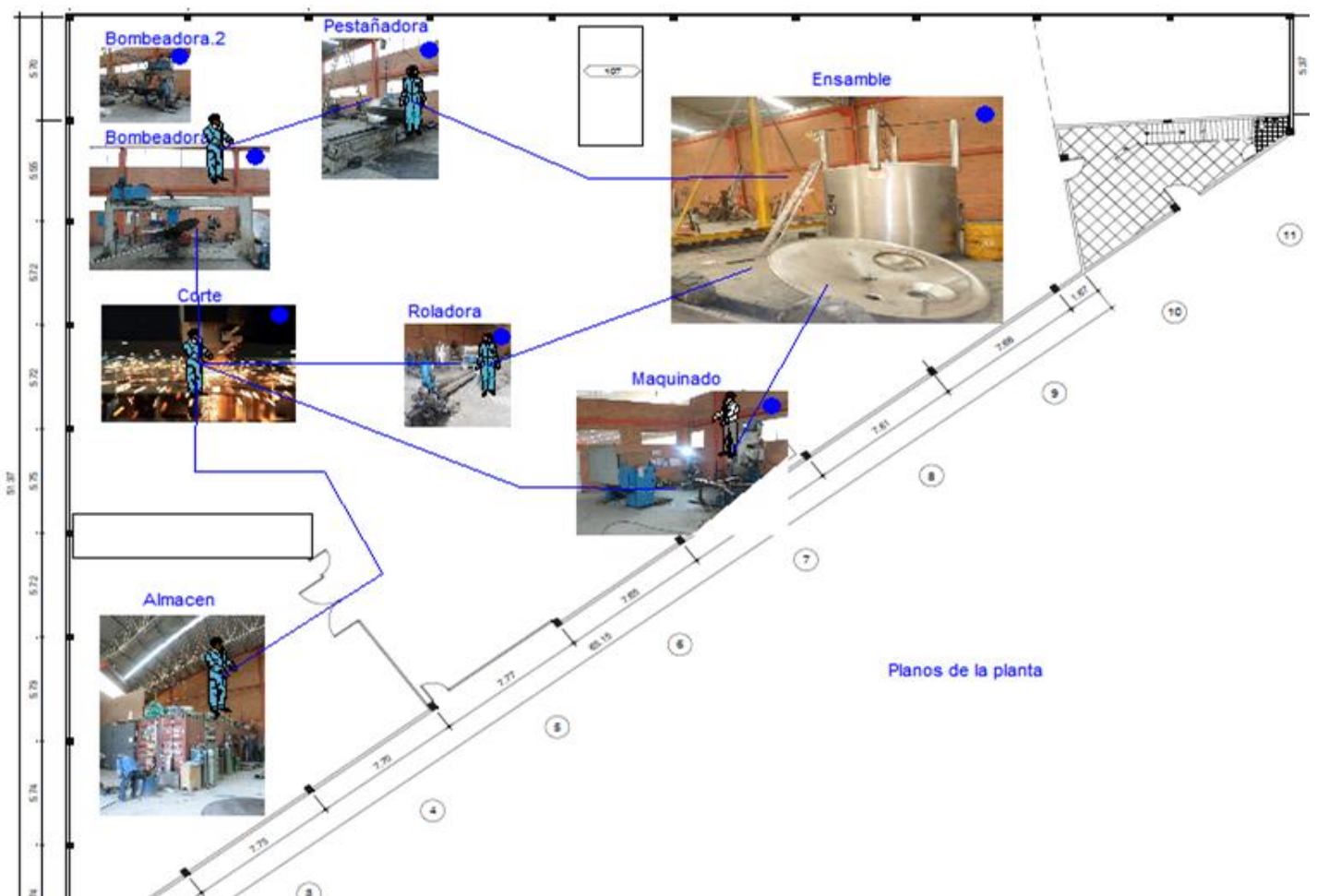
Estos recursos cuando sean asignados, simultáneamente se tienen que realizar los path networks ya que con estos se desarrollan las redes las cuales van a transitar el recurso llevando sus respectivas entidades al lugar de operación. (Ver figura 22)

Figura 23. Ventana Path Networks.

Graphic	Name	Type	T/S	Paths...	Interfaces...	Mapping...	Nodes
	Ruta_del_almacenista	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2
	Ruta_del_cortador	Passing	Speed & Distance	3	4	0	4
	Ruta_del_bombeador	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2
	Ruta_del_pestañador	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2
	Ruta_del_maquinista	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2
	Ruta_del_soldador	Passing	Speed & Distance	1	2	0	2

Fuente: Los autores 2013

Figura 24. Layout preliminar a la simulación.



Fuente: Los autores 2013

En la figura 24 se presenta el layout preliminar a la simulación, donde se ilustra la distribución de máquinas, asignación de operarios, recorrido del proceso de producción y el plano de la planta de producción, esto con el fin de proporcionar información sobre los parametros de producción tales como ciclos de tiempo, trabajos en proceso y productos realizados.

Análisis de salida

A continuación en la tabla 18 se presenta el resumen del informe mediante cuadros con sus respectivos análisis.

Tabla 18. Location.

Scenario : Normal Run
Replication : 1 of 1
Simulation Time : 1848 hr

LOCATIONS

Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util
Planos de la planta	1848	1	0	0.00	0	0	0	0.00
Almacen	1848	15	377	4410.89	14.99	15	15	99.98
Corte	1848	1	363	305.15	0.99	1	1	99.90
Bombeadora.1	1848	1	182	608.85	0.99	1	1	99.94
Bombeadora.2	1848	1	182	608.87	0.99	1	1	99.94
Bombeadora	3696	2	364	608.86	0.99	2	2	99.94
Pestañadora	1848	1	364	304.55	0.99	1	1	99.98
Roladora	1848	1	364	304.28	0.99	1	1	99.89
Ensamble	1848	1	363	305.00	0.99	1	1	99.85
Maquinado	1848	1	364	304.19	0.99	1	1	99.86

Fuente: Los autores 2013

En primer lugar se puede observar las horas simuladas que en este caso son 1.848 dado que se simuló en un año; las capacidades que tienen cada una de las ubicaciones por ejemplo corte tiene una capacidad de 1 entidad y la que más tiene capacidad es el almacén con una capacidad de 15 rollos de lámina; al seguir analizando se observó el número de entidades que al finalizar la simulación

entraron a cada location como es el caso de que arribaron al almacén 377 entidades, en corte 363, en la Bombeadora entraron 364 teniendo en cuenta que son dos maquinas utilizadas, en maquinado 364, ensamble 363, 364 en la roladora y por último 364 en la pestañadora. En las siguientes celdas se observa que la duración promedio de cada lámina para tapa en la Bombeadora fue de 608.86 minutos, la duración promedio de las patas-manhole-boquillas en maquinado fue de 304.19 minutos, en corte el rollo de lámina duro en promedio 305.15 minutos y así respectivamente. En cada una de las locations llegaron como máximo 1 entidad en todo el proceso de simulación menos en la bombeadora ya que tiene capacidad de dos entidades y en el almacén que la tiene de 15.

Otro aspecto a tener en cuenta es el porcentaje de utilización, mostrando la bombeadora con un porcentaje de utilización de 99.94%, maquinado con un porcentaje de 99.86% y así con las demás localizaciones.

Tabla 19. Location states by percentage.

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Multiple Capacity)

Location Name	Scheduled Hours	% Empty	% Partially Occupied	% Full	% Down
Almacen	1848	0.00	0.18	99.82	0.00

LOCATION STATES BY PERCENTAGE (Single Capacity/Tanks)

Location Name	Scheduled Hours	% Operation	% Setup	% Idle	% Waiting	% Blocked	% Down
Planos de la planta	1848	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00
Corte	1848	49.11	0.00	0.10	0.00	50.79	0.00
Bombeadora.1	1848	49.24	0.00	0.06	0.00	50.70	0.00
Bombeadora.2	1848	49.18	0.00	0.05	0.00	50.77	0.00
Bombeadora	3696	49.21	0.00	0.06	0.00	50.73	0.00
Pestañadora	1848	9.85	0.00	0.02	90.13	0.00	0.00
Roladora	1848	39.39	0.00	0.11	0.00	60.50	0.00
Ensamble	1848	99.77	0.00	0.15	0.08	0.00	0.00
Maquinado	1848	39.38	0.00	0.14	60.48	0.00	0.00

Fuente: Los autores 2013

En la tabla 19 se maneja una location por la sencilla razón de que pueden contener más de una entidad (Rollo de lámina en acero inoxidable). Se observa que el almacén se encontró un 0.18% ocupado y un 99.82% totalmente en operación.

En el location states by percentage (Single capacity / tanks) se manejan las otras locations por que en estas solo puede contener una entidad, por lo tanto en la bombeadora se presento un 49.21% de operación, un 0.06% de actividad ociosa y 50.73% de inactividad para realizar la operación. Debido a lo anterior se puede observar que la pestañadora tiene un porcentaje de operación del 9.85% teniendo como espera del 90.13% ya que el bombeo de las tapas influye en el proceso de pestañeo. También se puede observar como en ensamble se opero en un 99.77% con un porcentaje de tiempo ocioso del 0.15 y de espera del 0.08 manifestando la eficiencia en el proceso.

Tabla 20. Entity activity and entity states by percentage.

ENTITY ACTIVITY

Entity Name	Total Exits	Current Quantity In System	Average Minutes In System	Average Minutes In Move Logic	Average Minutes Wait For Res, etc.	Average Minutes In Operation	Average Minutes Blocked
Lamina en acero inoxidable	0	16	-	-	-	-	-
Lamina para tapa	0	2	-	-	-	-	-
Lamina para cuerpo	0	1	-	-	-	-	-
Tapa con pestaña	363	0	2612.21	0.36	1483.88	388.75	739.20
Tapa sin pestaña	0	1	-	-	-	-	-
Cilindro cuerpo	0	1	-	-	-	-	-
Patas Manhole Boquillas	363	1	1367.90	0.17	906.67	156.52	304.53
Tanque en acero inoxidable	362	0	2602.20	0.29	1739.27	496.76	365.87

ENTITY STATES BY PERCENTAGE

Entity Name	% In Move Logic	% Wait For Res, etc.	% In Operation	% Blocked
Lamina en acero inoxidable	-	-	-	-
Lamina para tapa	-	-	-	-
Lamina para cuerpo	-	-	-	-
Tapa con pestaña	0.01	56.81	14.88	28.30
Tapa sin pestaña	-	-	-	-
Cilindro cuerpo	-	-	-	-
Patas Manhole Boquillas	0.01	66.28	11.44	22.26
Tanque en acero inoxidable	0.01	66.84	19.09	14.06

Fuente: Los autores 2013

En el Entity activity como se determina en la tabla 20 se analiza la entidad que circulo en el sistema en este caso la transformación del rollo de lámina en acero inoxidable. Se evidencia que salieron 362 Tanques y no quedo en el sistema ninguno al finalizar la simulación. Teniendo en cuenta el dato de 2602.20 minutos, muestra el tiempo que en promedio duro un tanque en el sistema.

496.76 minutos es el tiempo promedio que el tanque duro en ensamble siendo procesado y por último los 1739.27 minutos es el tiempo promedio de espera para que el tanque fuera ensamblado con sus respectivos componentes.

Por último en Entity states by porcentaje se desarrolla el valor porcentual de la entidad en el sistema; es decir que el tanque duro esperando a ser servido en ensamble mientras que las demás piezas llegaban en un 66,84%; se encontró en operación o mejor dicho en servicio en un 19,09% y por último se encontró inactivo para que lo sirvieran con un porcentaje de 14,06%.

Tabla 21. Validación del sistema.

Parámetro	Sistema actual	Sistema propuesto	Variación
Tiempo corrido	1848 horas	1848 horas	0
Tiempo promedio que duro un tanque en el sistema	5360.04 minutos	2602.20 minutos	2757.84
Tiempo promedio que duro un tanque en ensamble siendo procesado	813 minutos	496.76 minutos	316.24
Tiempo de espera para que el tanque fuera ensamblado	3839.11 minutos	1739.27 minutos	2099.84

Teniendo en cuenta las brecha que hay entre el sistema actual con el propuesto (Tabla. 21), se encuentra que con el mismo tiempo simulado los cuales fueron de 1848 horas el tiempo promedio que duro un tanque en el sistema se redujo en 2757.84 minutos ya que disminuyo de 5360.04 minutos a tan solo 2602.20 minutos.

Otro aspecto a tener en cuenta es que el tiempo promedio que duro un tanque en ensamble siendo procesado disminuyo en 316.24 minutos; así como el tiempo de espera para que el tanque fuera ensamblado disminuyo de 3839.11 a 1739.27.

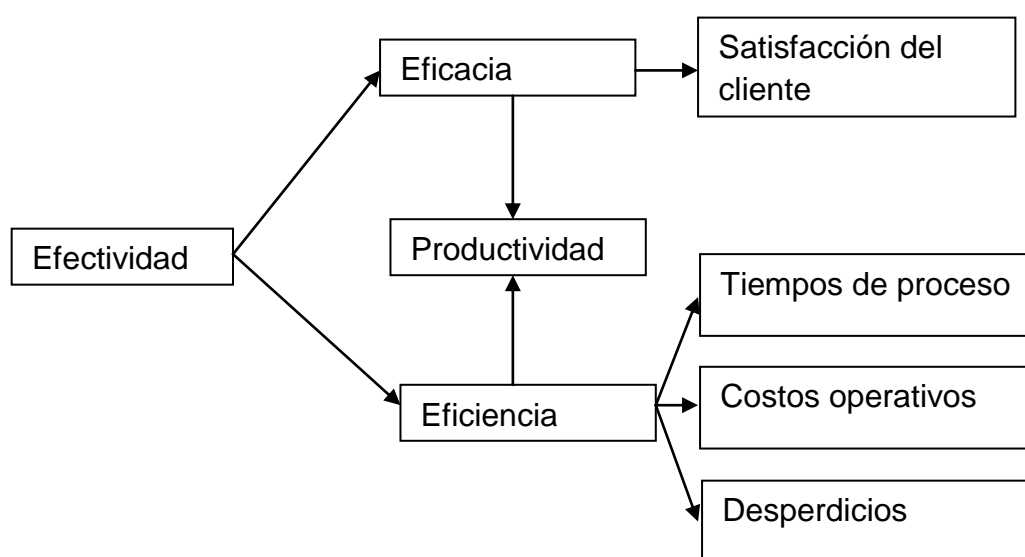
Debido a lo anterior podemos ver como la nueva distribución en planta propuesta teniendo como primer punto el de tener un buen flujo de material ha realizado cambios importantes en el tiempo de fabricación de tanques en acero inoxidable haciendo que la empresa pueda cumplir con los tiempos establecidos con los clientes.

2.5 EVALUACIÓN MEDIANTE INDICADORES DE GESTIÓN.

Para poder realizar la evaluación del sistema de planeación, programación y control de producción se plantearon indicadores que permitan establecer un análisis del estado de actividad de manufactura, con el fin de retroalimentar el sistema para identificar correcciones a tiempo u oportunidades de mejora.

La generación de los indicadores se inició estableciendo los factores críticos de éxito del sistema los cuales fueron:


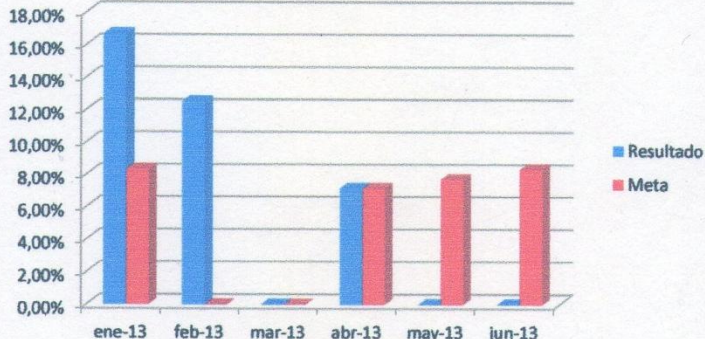
Figura 25. Factores críticos de éxito del sistema de producción para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S.



Fuente: Los autores 2013

Una vez establecidos los factores críticos de éxito es necesario establecer los indicadores con sus respectivas hojas de vida las cuales se componen de tres periodos de la actividad de la empresa y tres periodos con el desarrollo del sistema, para que permitan realizar un análisis sobre el sistema, como se muestra a continuación.


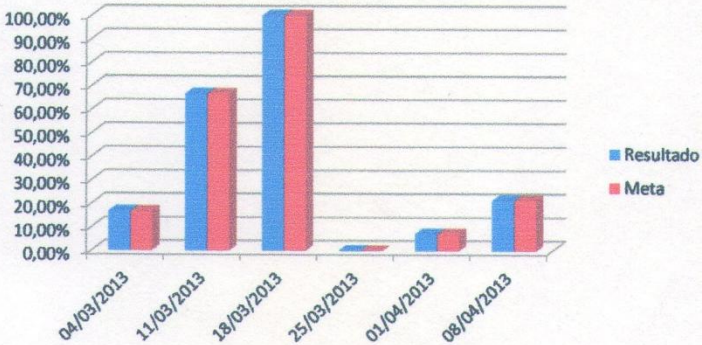
Figura 26. Hoja de vida indicador gestión porcentaje de proyectos con incumplimiento de entrega.

		HOJA DE VIDA DE INDICADOR DE GESTIÓN PORCENTAJE DE PROYECTOS CON INCUMPLIMIENTO DE ENTREGA		FECHA 01/07/2013	PÁGINA 1 de 1			
Factor Crítico de Éxito: Satisfacción del cliente.			Nombre del indicador: Porcentaje de proyectos con incumplimiento de entrega.					
Objetivo del Indicador: Disminuir el número de productos los cuales no se entregan dentro del plazo pactado, con el fin de aumentar la satisfacción del cliente a través del cumplimiento de sus especificaciones.		Destinatario del Indicador: Gerencia de producción.		Fuente de datos: Planilla corte realizado al final de mes, de productos entregado con tardanza.				
Tipo de Indicador Eficiencia Eficacia x Efectividad Otro ¿Cuál? _____			Fórmula de cálculo $\frac{\text{No. de productos entregados con tardanza}}{\text{Total de productos realizados}} * 100$		Periodicidad Mensual			
Rango de gestión <table border="1"> <tr> <td>Excelente igual a 0% por período</td> <td>Aceptable ≥ a la meta por período hasta 1%</td> <td>Deficiente < a la meta por período</td> </tr> </table>			Excelente igual a 0% por período	Aceptable ≥ a la meta por período hasta 1%	Deficiente < a la meta por período			
Excelente igual a 0% por período	Aceptable ≥ a la meta por período hasta 1%	Deficiente < a la meta por período						
Periodo ene-13 feb-13 mar-13 abr-13 may-13 jun-13	Dato 1 2 1 0 1 0 0	Dato 2 12 8 6 14 13 12	Resultado 16,67% 12,50% 0,00% 7,14% 0,00% 0,00%	Meta 8,33% 0,00% 0,00% 7,14% 7,69% 8,33%	Gráfica de Tendencia 			
Interpretación y análisis de tendencia: Se evidencia que los dos primeros periodos se obtuvo un rango deficiente debido a que los resultados del indicador sobrepasaron a la meta, la cual figura como punto ideal, del porcentaje de productos entregados con tardanza en base al total de la producción del período, luego se evidencia que durante los siguientes periodos se cumplieron con los objetivos debido a las políticas implementadas en cuanto a planeación y programación que se tomaron como medida correctiva ante el incumplimiento de entrega de proyectos. Nota: Por cada 10 proyectos la organización dimensiona una entrega tardía, debido a que la sanción que se genera no representa pérdidas en la utilidad.					Responsable de la interpretación: Jefe de planta de producción.			
					Responsable de la medición: Jefe de planta de producción.			

Fuente: Los autores 2013

En la figura 26 es la hoja de vida del indicador gestión porcentaje de proyectos con incumplimiento de entrega, la cual proporciona al interesado la cantidad porcentual de las órdenes de trabajo entregadas con tardanza, permitiendo realizar un análisis al final de cada periodo y evidenciar la tendencia.


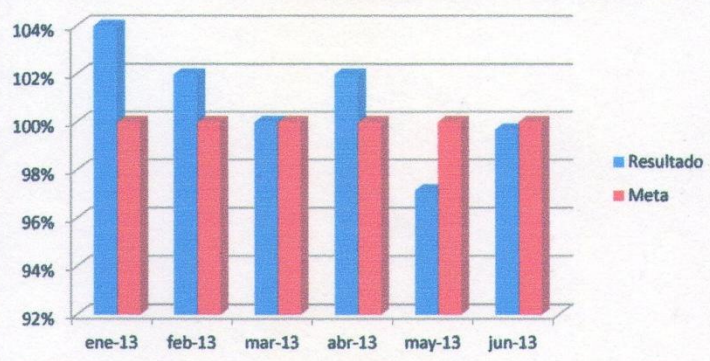
Figura 27. Hoja de vida indicador gestión estado de las órdenes de producción.

	HOJA DE VIDA DE INDICADOR DE GESTIÓN ESTADO DE LAS ÓRDENES DE PRODUCCIÓN				FECHA 08/04/2013							
					PÁGINA 1 de 1							
Factor Crítico de Éxito: Tiempos de proceso.				Nombre del indicador: Estado de las órdenes de producción.								
Objetivo del Indicador: Establecer en qué estado se encuentra la actividad de producción con el fin de realizar un diagnóstico si se está cumpliendo con lo dimensionado en la planeación de producción.				Destinatario del Indicador: Gerencia de producción.		Fuente de datos: Planillas estado de la actividad de producción.						
Tipo de Indicador Eficiencia x Eficacia Efectividad Otro ¿Cuál? _____				Fórmula de cálculo $\frac{\text{No. de productos en proceso}}{\text{Total de productos a realizar}} * 100$		Periodicidad Semanal						
Rango de gestión <table border="1"> <tr> <td>Excelente</td> <td>Aceptable</td> <td>Deficiente</td> </tr> <tr> <td>≤ a la meta por periodo</td> <td>> al 10% de la meta por periodo</td> <td>> al 20% de la meta por periodo</td> </tr> </table>				Excelente	Aceptable	Deficiente	≤ a la meta por periodo	> al 10% de la meta por periodo	> al 20% de la meta por periodo			
Excelente	Aceptable	Deficiente										
≤ a la meta por periodo	> al 10% de la meta por periodo	> al 20% de la meta por periodo										
Periodo 04/03/2013 11/03/2013 18/03/2013 25/03/2013 01/04/2013 08/04/2013	Dato 1 1 4 6 0 1 3	Dato 2 6 6 6 6 14 14	Resultado 16,67% 66,67% 100,00% 0,00% 7,14% 21,43%	Meta 16,67% 66,67% 100,00% 0,00% 7,14% 21,43%	Gráfica de Tendencia 							
Interpretación y análisis de tendencia: A lo largo de todos los periodos, los indicadores de gestión presentan una tendencia adecuada debido a que se están cumpliendo las metas a cabalidad.												
Responsable de la interpretación: Jefe de planta de producción.												
Responsable de la medición: Jefe de planta de producción.												

Fuente: Los autores 2013

En la figura 27 se puede evidenciar el estado de las órdenes de producción, con una periodicidad de toma de datos semanales debido a que la organización pueda tomar las decisiones necesarias a tiempo.


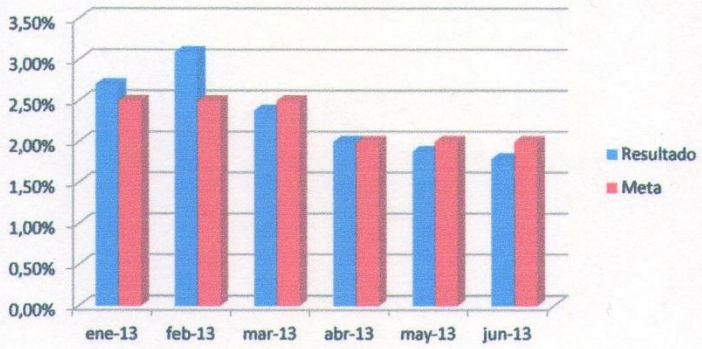
Figura 28. Hoja de vida indicador gestión relación entre el costo planeado y real de producción.

	HOJA DE VIDA DE INDICADOR DE GESTIÓN RELACIÓN ENTRE EL COSTO PLANEADO Y REAL DE PRODUCCIÓN		FECHA	01/07/2013																																			
			PÁGINA	1 de 1																																			
Factor Crítico de Éxito: Costos operativos.		Nombre del indicador: Relación entre el costo planeado y real de producción.																																					
Objetivo del Indicador: Comprobar que el desarrollo de las órdenes de trabajo se estén cumpliendo con el presupuesto inicial y no se incurra en sobrecostos.		Destinatario del Indicador: Gerencia de producción.	Fuente de datos: Presupuesto y costos totales de los proyectos.																																				
Tipo de Indicador Eficiencia x Eficacia Efectividad Otro ¿Cuál? _____		Fórmula de cálculo $\frac{\text{Costo real de la actividad de producción}}{\text{Costo presupuestado de las actividades de producción}} * 100$		Periodicidad Mensual																																			
Rango de gestión <table border="1"> <tr> <td>Excelente ≥ al 100% del presupuesto por período</td> <td>Aceptable < a la meta por período hasta un 2%</td> <td>Deficiente < a la meta por período desde un 2%</td> </tr> </table>		Excelente ≥ al 100% del presupuesto por período	Aceptable < a la meta por período hasta un 2%	Deficiente < a la meta por período desde un 2%																																			
Excelente ≥ al 100% del presupuesto por período	Aceptable < a la meta por período hasta un 2%	Deficiente < a la meta por período desde un 2%																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Período</th> <th>Dato 1</th> <th>Dato 2</th> <th>Resultado</th> <th>Meta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ene-13</td> <td>101335104</td> <td>97437600</td> <td>104%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>feb-13</td> <td>66257568</td> <td>64958400</td> <td>102%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>mar-13</td> <td>48718800</td> <td>48718800</td> <td>100%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>abr-13</td> <td>115950744</td> <td>113677200</td> <td>102%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>may-13</td> <td>102557400</td> <td>105557400</td> <td>97%</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>jun-13</td> <td>97137600</td> <td>97437600</td> <td>99,69%</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	Período	Dato 1	Dato 2	Resultado	Meta	ene-13	101335104	97437600	104%	100%	feb-13	66257568	64958400	102%	100%	mar-13	48718800	48718800	100%	100%	abr-13	115950744	113677200	102%	100%	may-13	102557400	105557400	97%	100%	jun-13	97137600	97437600	99,69%	100%	Gráfica de Tendencia 			
Período	Dato 1	Dato 2	Resultado	Meta																																			
ene-13	101335104	97437600	104%	100%																																			
feb-13	66257568	64958400	102%	100%																																			
mar-13	48718800	48718800	100%	100%																																			
abr-13	115950744	113677200	102%	100%																																			
may-13	102557400	105557400	97%	100%																																			
jun-13	97137600	97437600	99,69%	100%																																			
Interpretación y análisis de tendencia: La tendencia presenta tres periodos con un costo mayor al presupuestado, el primero presenta un resultado que sobrepasa al punto ideal en un 4% lo cual es una alarma para la organización, de manera que se debe gestionar con el departamento de planeación y programación para supervisar en que punto de la actividad de producción se incurrió en costos mayores a los permitidos por los rangos de gestión. En los siguientes dos periodos se identifican sobrecosto del 2%, aunque se encuentran dentro de un rango aceptable se debe realizar el debido control en base al desarrollo de la ordenes en cuanto a planeación y programación, con el fin de detectar en qué momento se incumplió el parámetro establecido.																																							
Responsable de la interpretación: Jefe de planta de producción.																																							
Responsable de la medición: Jefe de planta de producción.																																							

Fuente: Los autores 2013

La anterior figura informa a la organización la relación que existe entre el costo presupuestado y el costo real de producción, permitiéndole identificar posibles falencias durante la actividad de producción que generen bajas en la utilidad.



Figura 29. Hoja de vida indicador gestión porcentaje material desechado.

	HOJA DE VIDA DE INDICADOR DE GESTIÓN PORCENTAJE MATERIAL DESECHADO				FECHA	01/07/2013																																			
					PÁGINA	1 de 1																																			
Factor Crítico de Éxito: Desperdicios				Nombre del indicador: Porcentaje material desechado.																																					
Objetivo del indicador: Bajar los niveles de material desechado con el fin de optimizar al mayor punto la materia prima..				Destinatario del indicador: Gerencia de producción.		Fuente de datos: Planillas cantidad de material a solicitar y registro material desechado .																																			
Tipo de Indicador Eficiencia x Eficacia Efectividad Otro ¿Cuál? _____				Fórmula de cálculo $\frac{\text{Cantidad de material desechado en m}^2}{\text{Cantidad total material necesario para realizar las órdenes de trabajo en m}^2} * 100$		Periodicidad Mensual																																			
Rango de gestión <table border="1"> <tr> <td>Excelente ≥ a la meta por periodo</td> <td>Aceptable < a la meta por periodo hasta 3%</td> <td>Deficiente < a la meta por periodo desde 3%</td> </tr> </table>				Excelente ≥ a la meta por periodo	Aceptable < a la meta por periodo hasta 3%	Deficiente < a la meta por periodo desde 3%																																			
Excelente ≥ a la meta por periodo	Aceptable < a la meta por periodo hasta 3%	Deficiente < a la meta por periodo desde 3%																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>Dato 1</th> <th>Dato 2</th> <th>Resultado</th> <th>Meta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ene-13</td> <td>4,37</td> <td>162</td> <td>2,70%</td> <td>2,5%</td> </tr> <tr> <td>feb-13</td> <td>3,34</td> <td>108</td> <td>3,09%</td> <td>2,5%</td> </tr> <tr> <td>mar-13</td> <td>2</td> <td>84</td> <td>2,38%</td> <td>2,5%</td> </tr> <tr> <td>abr-13</td> <td>3,78</td> <td>189</td> <td>2,00%</td> <td>2,0%</td> </tr> <tr> <td>may-13</td> <td>3,3</td> <td>175,5</td> <td>1,88%</td> <td>2,0%</td> </tr> <tr> <td>jun-13</td> <td>2,9</td> <td>162</td> <td>1,79%</td> <td>2,0%</td> </tr> </tbody> </table>				Periodo	Dato 1	Dato 2	Resultado	Meta	ene-13	4,37	162	2,70%	2,5%	feb-13	3,34	108	3,09%	2,5%	mar-13	2	84	2,38%	2,5%	abr-13	3,78	189	2,00%	2,0%	may-13	3,3	175,5	1,88%	2,0%	jun-13	2,9	162	1,79%	2,0%	Gráfica de Tendencia 		
Periodo	Dato 1	Dato 2	Resultado	Meta																																					
ene-13	4,37	162	2,70%	2,5%																																					
feb-13	3,34	108	3,09%	2,5%																																					
mar-13	2	84	2,38%	2,5%																																					
abr-13	3,78	189	2,00%	2,0%																																					
may-13	3,3	175,5	1,88%	2,0%																																					
jun-13	2,9	162	1,79%	2,0%																																					
Interpretación y análisis de tendencia: La tendencia del indicador tiene un punto crítico el cual se da en el segundo periodo, se debe gestionar las órdenes de trabajo e identificar en qué momento se produjo un cantidad de material desechado sobredimensionado. Para los siguientes periodos se evidencia una tendencia de mejora, la cual representa para la organización disminución en los costes de materia prima.				Responsable de la interpretación: Jefe de planta de producción.																																					
				Responsable de la medición: Jefe de planta de producción.																																					

Fuente: Los autores 2013

La figura 29 es el indicador porcentaje material desechado, el cual es una relación entre la cantidad necesaria para realizar la actividad de manufactura y la cantidad de material desechado, permitiendo establecer un análisis de cuanta materia prima se está utilizando y si los pedidos de esta son los adecuados.

Figura 30. Hoja de vida indicador gestión productividad.

		HOJA DE VIDA DE INDICADOR DE GESTIÓN PRODUCTIVIDAD				FECHA		01/07/2013																													
						PÁGINA		1 de 1																													
Factor Crítico de Éxito: Productividad						Nombre del indicador: Productividad																															
Objetivo del Indicador: Establecer la medida de la efectividad de las operaciones de la organización.						Destinatario del Indicador: Gerencia de producción.		Fuente de datos: Productos realizados-planilla horas trabajadas.																													
Tipo de Indicador Eficiencia <input type="checkbox"/> Eficacia <input type="checkbox"/> Efectividad <input checked="" type="checkbox"/> x Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? _____						Fórmula de cálculo		Periodicidad																													
						$\frac{\text{Total Producido}}{\text{horas hombre trabajadas}} * 100$		Mensual																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Período</th> <th>Dato 1</th> <th>Dato 2</th> <th>Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ene-13</td> <td>12</td> <td>2816</td> <td>0,43%</td> </tr> <tr> <td>feb-13</td> <td>8</td> <td>2816</td> <td>0,28%</td> </tr> <tr> <td>mar-13</td> <td>6</td> <td>1920</td> <td>0,31%</td> </tr> <tr> <td>abr-13</td> <td>14</td> <td>2816</td> <td>0,50%</td> </tr> <tr> <td>may-13</td> <td>13</td> <td>2560</td> <td>0,51%</td> </tr> <tr> <td>jun-13</td> <td>12</td> <td>2432</td> <td>0,49%</td> </tr> </tbody> </table>						Período	Dato 1	Dato 2	Resultado	ene-13	12	2816	0,43%	feb-13	8	2816	0,28%	mar-13	6	1920	0,31%	abr-13	14	2816	0,50%	may-13	13	2560	0,51%	jun-13	12	2432	0,49%	Gráfica de Tendencia 			
Período	Dato 1	Dato 2	Resultado																																		
ene-13	12	2816	0,43%																																		
feb-13	8	2816	0,28%																																		
mar-13	6	1920	0,31%																																		
abr-13	14	2816	0,50%																																		
may-13	13	2560	0,51%																																		
jun-13	12	2432	0,49%																																		
Interpretación y análisis de tendencia: La productividad de la organización luego de los dos primeros periodos tuvo una tendencia sobresaliente, debido a la adecuada planeación, programación y control de producción, evitando reprocesos y posibles demoras en la realización de las órdenes. La relación que se presenta entre proyectos realizados y horas hombre trabajadas, deja ver que se ha obtenido una mejora en el sistema y en la actividad de manufactura.						Responsable de la interpretación: Jefe de planta de producción.																															
						Responsable de la medición: Jefe de planta de producción.																															

Fuente: Los autores 2013

En la figura 30 se determina la productividad en horas-hombre, no se fija una meta por periodo debido a que es complejo establecer una efectividad, ya que esta depende de factores externos e internos tales como demanda, ausentismos, factores organizacionales, número de órdenes y prioridad de estas. Además, que instaurar una productividad podría generar un mal ambiente laboral.

2.6 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROCESO.

A continuación se presenta la evaluación financiera del proyecto teniendo en cuenta la propuesta expuesta con los objetivos anteriores para así buscar la factibilidad económica de la inversión con respecto a la producción de tanques en acero inoxidable.

Primero que todo se tiene que realizar la evaluación de los costos de producción los cuales se tuvo en cuenta los de materia prima tanto directa como indirecta, mano de obra directa y los gastos indirectos de fabricación.

En la tabla 22 se presentan los costos directos de materia prima correspondiente a los cuatros trimestres del año 2013 teniendo en cuenta que el primer trimestre es real y los otros tres son proyectados con respecto a la demanda.

Tabla 22. Costo de materia prima directa.

COSTO DE MATERIA PRIMA DIRECTA					
ELEMENTOS	VALOR \$	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
Lámina	\$ 1,200,000	\$ 21,600,000	\$ 21,600,000	\$ 22,800,000	\$ 24,000,000
Tubo schedule 40	\$ 100,000	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000	\$ 1,900,000	\$ 2,000,000
Codo schedule 40	\$ 12,000	\$ 216,000	\$ 216,000	\$ 228,000	\$ 240,000
Tornillo de 3/4" x 6"	\$ 43,500	\$ 783,000	\$ 783,000	\$ 826,500	\$ 870,000
Manhole	\$ 1,700,000	\$ 30,600,000	\$ 30,600,000	\$ 32,300,000	\$ 34,000,000
Bridas	\$ 90,000	\$ 1,620,000	\$ 1,620,000	\$ 1,710,000	\$ 1,800,000
Union	\$ 14,300	\$ 257,400	\$ 257,400	\$ 271,700	\$ 286,000
Angulo	\$ 417,000	\$ 7,506,000	\$ 7,506,000	\$ 7,923,000	\$ 8,340,000
TOTAL	\$ 3,576,800	\$ 64,382,400	\$ 64,382,400	\$ 67,959,200	\$ 71,536,000

Fuente: Los autores 2013

Siguiendo con los demás se presenta en la tabla 23 los costos de los materiales indirectos de fabricación correspondientes al año 2013.

Tabla 23. Costos de materiales indirectos.

COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS				
ELEMENTOS	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
Soldadura nivel de consumo	\$ 5,058,000	\$ 5,058,000	\$ 5,339,000	\$ 5,620,000
Abrasivos nivel de consumo	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000	\$ 1,900,000	\$ 2,000,000
Gases industriales	\$ 1,746,000	\$ 1,746,000	\$ 1,843,000	\$ 1,940,000
Herramientas y/o troqueles	\$ 1,530,000	\$ 1,530,000	\$ 1,615,000	\$ 1,700,000
Acabados	\$ 7,740,000	\$ 7,740,000	\$ 8,170,000	\$ 8,600,000
Inspección radiográfica 10%	\$ 4,500,000	\$ 4,500,000	\$ 4,750,000	\$ 5,000,000
TOTAL	\$ 22,374,000	\$ 22,374,000	\$ 23,617,000	\$ 24,860,000

Fuente: Los autores 2013

También se tiene en cuenta en la tabla 24 el costo total por trimestre de la mano de obra directa, es decir de solo los trabajadores que participan en el proceso de transformación de la materia prima.

Tabla 24. Costo de mano de obra directa.

COSTO DE MANO DE OBRA DIRECTA				
PRIMER SEMESTRE	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
Mano de obra taller	\$ 59,400,000	\$ 59,400,000	\$ 62,700,000	\$ 66,000,000

Fuente: Los autores 2013

Y por último se presentan los gastos indirectos de fabricación ya que estos influyen en el proceso de fabricación; en la tabla 25 muestra trimestralmente estos elementos según las ventas pronosticadas para el año 2013.

Tabla 25. Gastos indirectos de fabricación.

GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
ELEMENTO	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
ARRIENDO	\$ 6,900,000	\$ 6,900,000	\$ 6,900,000	\$ 6,900,000
SERVICIOS	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 11,400,000	\$ 11,400,000	\$ 11,400,000	\$ 11,400,000
MANTENIMIENTO MAQ.	\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000
CUOTAS DE FINANCIAMIENTO	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000
DEPRECIACIONES	\$ 1,125,000	\$ 1,125,000	\$ 1,125,000	\$ 1,125,000
TOTAL	\$ 28,875,000	\$ 28,875,000	\$ 28,875,000	\$ 28,875,000

Fuente: Los autores 2013

En resumen se presenta en la tabla 26 un cuadro general de costos, teniendo como principal objetivo mostrar los costos totales de materia prima, costos de mano de obra directa y gastos indirectos de fabricación.

Tabla 26. Cuadro general de costos.

CUADRO GENERAL DE COSTOS				
ELEMENTO	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
COSTO DE MATERIA PRIMA	\$ 86,756,400	\$ 86,756,400	\$ 91,576,200	\$ 96,396,000
COSTOS DE MANO DE OBRA DIRECTA	\$ 59,400,000	\$ 59,400,000	\$ 62,700,000	\$ 66,000,000
GASTOS DE FABRICACIÓN INDIRECTOS	\$ 28,875,000	\$ 28,875,000	\$ 28,875,000	\$ 28,875,000
TOTAL	\$ 175,031,400	\$ 175,031,400	\$ 183,151,200	\$ 191,271,000

Fuente: Los autores 2013

Tabla 27. Precio de venta.

PRECIO DE VENTA	
PRODUCTO	PRECIO
TANQUE PROTOTIPO	\$ 11,950,000

Fuente: Los autores 2013

Basado en el precio de venta del producto como se determina en la tabla 27 y las ventas pronosticadas para el año 2013, se registraron en la tabla 28 el valor de los ingresos que tendría la empresa con respecto a los cuatro trimestres del año.

Tabla 28. Cuadro de ventas pronosticadas por trimestre.

VENTAS PRONOSTICADAS PERIODO 2.013					
PRIMER SEMESTRE		Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
CANTIDAD PRODUCTOS		18	18	19	20
INGRESOS		\$ 215,100,000	\$ 215,100,000	\$ 227,050,000	\$ 239,000,000
INGRESO TOTAL AÑO 2.013		\$ 896,250,000			

Fuente: Los autores 2013

Luego de analizar las estrategias expuestas en este proyecto se recomienda realizar unas mejoras a nivel de herramientas ingenieriles por tal razón a continuación se determinan los costos de implementación (Ver tabla. 29) y el respectivo valor del estudio del proyecto (Ver tabla. 30).

Tabla 29. Costos de implementación.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Plan de montaje	1	\$ 850,000	\$ 850,000
Levantamiento de maquinaria	1	\$ 3,300,000	\$ 3,300,000
Capacitación de personal	1	\$ 450,000	\$ 450,000
Desarrollo de tiempos	1	\$ 350,000	\$ 350,000
Salario desarrolladores	2	\$ 1,500,000	\$ 3,000,000
Desarrollo del sistema			\$ 7,950,000
Imprevistos 3%			\$ 238,500
Total implementación			\$ 8,188,500

Fuente: Los autores 2013

Tabla 30. Estudio del proyecto.

		Presupuesto Proyecto de Grado				
Items	Descripción	Cantidad	Dedicación	Valor unitario	Valor Total 5 meses	Fuentes de Financiamiento
Recursos Humanos		(unidad)	hora/mes	\$/hora	\$	
Director del proyecto	Ingeniero Ever Ángel Rojas Fuentes	1	50	\$ 35,000.00	\$ 8,750,000.00	Universidad Libre
Integrante del proyecto	Juan Carlos Murcia Martinez	1	60	\$ 1,500.00	\$ 450,000.00	Propio
Integrante del proyecto	Kilian Ernesto Sanchez Rodriguez	1	60	\$ 1,500.00	\$ 450,000.00	Propio
Ingeniero de la empresa	Ingeniero Jorge Castro	1	8	\$ 4,500.00	\$ 180,000.00	COMDINOX INGENIERIA S.A.S
		Subtotal Gastos de Recursos Humanos			\$ 9,830,000.00	
Gastos usos de equipos y recursos tecnológicos						
Herramientas Tecnológicas	Camara Fotográfica	1	20	\$ 120.32	\$ 12,032.00	Propio
	Computadores	2	50	\$ 440.15	\$ 220,075.00	Propio
	Internet	2	50	\$ 98.02	\$ 49,010.00	Propio
	Memoria USB	2	40	\$ 10.23	\$ 4,092.00	Propio
	Subtotal Gastos usos de equipos y recursos tecnológicos				\$ 285,209.00	
Material Bibliográfico						
Libros de consulta	Libros de apoyo para el proyecto	12	40	\$ 38,000.00	\$ 456,000.00	Universidad Libre
			Subtotal Material Bibliografico		\$ 456,000.00	
Materiales y Suministros						
Papeleria	Hojas	150		\$ 100.00	\$ 15,000.00	Propio
	Impresiones	40		\$ 150.00	\$ 6,000.00	Propio
	Cuadernos	2		\$ 4,200.00	\$ 8,400.00	Propio
	Esferos	2		\$ 1,300.00	\$ 2,600.00	Propio
	Portaminas	2		\$ 2,300.00	\$ 4,600.00	Propio
	Minas	2		\$ 1,500.00	\$ 3,000.00	Propio
	Fotocopias	120		\$ 50.00	\$ 6,000.00	Propio
			Subtotal Materiales y Suministros		\$ 45,600.00	
Transportes y Viáticos						
Transporte	Costos del transporte para dirigirse a la Empresa, Universidad, entre otros.	2	12	\$ 3,450.00	\$ 414,000.00	Propio
Viáticos	Alimentacion	2	12	\$ 2,000.00	\$ 240,000.00	Propio
			Subtotal Transportes y Viáticos		\$ 654,000.00	
Gastos Imprevistos						
Otros	Se tiene en cuenta por algun Imprevisto				\$ 180,000.00	
			Subtotal Gastos Imprevistos		\$ 180,000.00	
	Total del presupuesto para el proyecto proyectado para 5 meses				\$ 11,450,809.00	

A continuación en la tabla 31 se presenta el valor de la inversión que tendría que aportar la empresa y su respectividad contribución por parte de los socios en el periodo cero, cuyo único fin de inversión es el de desarrollar un sistema de producción que satisfaga las necesidades del cliente con relación a los ingresos generados de la producción anual de la organización.

Tabla 31. Inversiones.

INVERSIONES	
Inversión socios	\$ 120,000,000
Estudio proyecto	\$ 11,450,809
Implementación	\$ 8,188,500
Total	\$ 139,639,309

Fuente: Los autores 2013

El flujo de caja es un informe financiero que presenta en detalle los flujos de ingresos y egresos de dinero que tendría la empresa en un periodo determinado, se realizó el cálculo trimestral del año 2013 con el fin de identificar la capacidad que tiene la empresa para generar efectivo, a través de técnicas financieras como VPN y TIR.

Para determinar los flujos de caja correspondientes a los diferentes períodos analizados se hace mención a los siguientes supuestos:

- Basado en datos históricos de la empresa se realizó un pronóstico de ventas teniendo en cuenta los 4 trimestres del año.
- Se maneja una tasa de interés correspondiente a lo que ofrece Bancolombia para ahorro del 17.45% de interés anual.

Debido a lo anterior se desarrollo un flujo de caja como se muestra en la tabla 33 realizando el comportamiento en los cuatro trimestres del año con relación a las inversiones propuestas.

Tabla 32. Cuadro de flujo de caja.

FLUJO DE CAJA					
PERIODOS: Primer trimestre - Cuarto trimestre					
Concepto/Periodos	Periodo cero	Primer trimestre	Segundo trimestre	Tercer trimestre	Cuarto trimestre
Inversión socios	\$ 120,000,000				
Estudio proyecto	\$ 11,450,809				
Implementación	\$ 8,188,500				
Ingresos operacionales	\$ 139,639,309	\$ 215,100,000	\$ 215,100,000	\$ 227,050,000	\$ 239,000,000
TOTAL INGRESOS	\$ 139,639,309	\$ 215,100,000	\$ 215,100,000	\$ 227,050,000	\$ 239,000,000
EGRESOS					
Materia prima	\$ -	\$ 86,756,400	\$ 86,756,400	\$ 91,576,200	\$ 96,396,000
Mano de obra directa	\$ -	\$ 59,400,000	\$ 59,400,000	\$ 62,700,000	\$ 66,000,000
Servicios publicos	\$ -	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000	\$ 3,600,000
Arriendo	\$ -	\$ 6,900,000	\$ 6,900,000	\$ 6,900,000	\$ 6,900,000
Gastos administrativos	\$ -	\$ 11,400,000	\$ 11,400,000	\$ 11,400,000	\$ 11,400,000
Mantenimiento maq.	\$ -	\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000	\$ 900,000
Depreciaciones	\$ -	\$ 1,125,000	\$ 1,125,000	\$ 1,125,000	\$ 1,125,000
Obligaciones financieras	\$ -	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000	\$ 4,950,000
TOTAL EGRESOS	\$ -	\$ 175,031,400	\$ 175,031,400	\$ 183,151,200	\$ 191,271,000
DIFERENCIA EN CAJA	\$ 139,639,309	\$ 40,068,600	\$ 40,068,600	\$ 43,898,800	\$ 47,729,000
SALDO ANTERIOR EN CAJA	\$ -	\$ -	\$ 40,068,600	\$ 80,137,200	\$ 124,036,000
SALDO FINAL EN CAJA	\$ 139,639,309	\$ 40,068,600	\$ 80,137,200	\$ 124,036,000	\$ 171,765,000

Fuente: Los autores 2013

VPN trimestre 1: \$ 35, 147,894.74

VPN trimestre 2: \$ 61, 662,973.22

VPN trimestre 3: \$ 83, 720,766.98

VPN trimestre 4: \$ 101, 698,668.84

VNA= \$ 282, 230,303.79

VPN= \$ 142, 779,494.79

TIR= 29%

Con base en los datos obtenidos del valor presente neto, se demuestra que el proyecto es factible debido a que los ingresos generados por la empresa superan la inversión inicial.

Teniendo en cuenta el método de la TIR el proyecto se debe realizar debido a que la tasa interna de retorno es superior a la tasa que brinda Bancolombia, por consiguiente vale la pena invertir en el negocio de fabricación de tanques en acero inoxidable.

Es necesario tener en cuenta que el proyecto es fundamentado en realizar mejoras al sistema productivo bajo herramientas ingenieriles, por tal motivo el valor de la inversión recomendada en la tabla. es bajo obteniendo resultados con respecto al VPN y TIR relativamente altos.

CONCLUSIONES

- El diagnóstico a la organización reflejo que las falencias presentadas en la actividad de producción, se debían principalmente a la débil gestión de los factores operacionales, donde no se dimensionaba una adecuada planeación, programación y control de la producción.
- La selección del sistema de producción para COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. presentó restricciones debido a la naturaleza de la manufactura del producto, por ello la construcción se hizo con herramientas ingenieriles que se satisficieran las falencias presentes y tuvieran flexibilidad ante posibles cambios.
- La aplicación del sistema es la ideal producción de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S., debido a que se dimensiona los tres horizontes para ejercer una adecuada manufactura, el valor que le genera a la organización es que proyecta toda sus ordenes en tiempos reales con el fin de no recaer en incumplimientos de entregas, asigna los recursos necesarios para realizar los productos y se genera un control entendible para todos los agentes de la organización.
- El aplicativo generado para la empresa de indicadores de gestión le permite establecer tendencias y análisis del estado de sus factores críticos de éxito con el objetivo de identificar oportunidades de mejora y aplicar acciones preventivas o correctivas según corresponda.
- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la simulación del sistema se puede concluir que según los tiempos de procesamiento determinados en el diagrama de flujo se presenta una eficiencia en el porcentaje de utilización de todas las maquinas que esta involucradas en el flujo de

producción; también se determina que según las horas simuladas la planta tuvo la capacidad de responder a las entidades que llegaron al sistema.

- La implementación de nuevas herramientas ingenieriles para la organización es una coyuntura dentro de su funcionamiento, generando satisfacción en el cliente atendiendo cada una de sus especificaciones y sin dejar de lado la relación calidad-precio.

RECOMENDACIONES

- Difundir a todos los miembros de la organización el desarrollo del sistema de producción.
- Establecer la distribución de planta la cual está basada en el flujo del producto.
- Adquirir el software de libre uso LEKIN SCHEDULER con el fin de fundamentar su proceso de producción en planeación, programación y control de producción.
- Alimentar el aplicativo de indicadores de gestión con la periodicidad establecida para determina el estado de los factores críticos de éxito de la organización.
- Eliminar cualquier estándar de retraso con el motivo de crear fidelidad a los antiguos clientes y atraer nuevos, con el fin de incrementar la participación de COMDINOX INGENIERÍA S.A.S. en el mercado metalúrgico.

BIBLIOGRAFÍA

- CHASE, RICHARD; AQUILANO, NICHOLAS; JACOBS, ROBERT; GARCIA, ANGELA; CIOCIANO, MILDRED. (2000) administración de producción y operaciones. México. Editorial Mc Graw-Hill
- CHAPMAN (2006). Planificación y control de la producción. México. Editorial Pearson Educación.
- DOMÍNGUEZ MACHUCA, JOSE. (1995) Dirección de Operaciones. Madrid. Mc-Graw-Hill.
- NAMAKFOROOSH (1996) investigación de operaciones, interpretación de modelos y casos. México. Editorial Limusa.
- RIGGS, JAMES L. (2001) sistemas de producción planeación, análisis y control. México. Editorial limusa wiley.
- SIPPER, DANIEL; BULFIN, ROBERT. (1998) planeación y control de la producción. Madrid. Editorial Mc Graw-Hill.
- TAWFIK, LOUIS; CHAUVEL, ALAIN; GOMEZ, JAIME. (1993) administración de la producción. Madrid. Editorial Mc Graw-Hill.
- WAYNE L. WINSTON. (2008) investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos. México. Editorial Cengage Learning.

INFOGRAFÍA

- <http://www.acis.org.co/index.php?id=865>
- http://www.engineeringtoolbox.com/asme-boiler-vessel-code-d_8.html
- <http://www.textoscientificos.com/quimica/almacenaje/normas-codigos>
- <http://www.petroblogger.com/2010/12/norma-api-653-en-espanol.html>
- <http://www.escuelagobierno.org/inputs/los%20indicadores%20de%20gestion.pdf>
- <http://www.slideshare.net/jcfdezmx2/planificacion-y-control-de-proyectos-presentation>

ANEXOS

Anexo 1. Plan de inspección general de fabricación.

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO		REVISION: 0

1. RECEPCION DE MATERIAL

1.1. La Lámina Se debe verificar de la siguiente manera:

1.1.1. Para fabricación

Documento MTR
Fabricante nombre- procedencia
Calidad tipo de material
Normas ASME API
Análisis Químico componente (%)
Dimensiones o Acabados solicitados por la OT.

1.1.2. Estampe:

Placa o Sello de identificación del material
Remisión y descripción del material
Empaque tipo
Marcado se asigna la OT o referencia del equipo

1.1.3. Dimensiones:

Longitudes o Diagonales
Espesores: micrómetro, ultrasonido, tolerancias y máximas y
mínimas
Deformaciones fabricación transporte- empaque

1.1.4. Acabados

Chequeo de superficie
Foco de contaminación
Maltrato ravas- golpes- quiebres
Tipo de acabado

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

1.1.5. Almacenaje

Sitio apropiado
Aislado de contaminación
Marcar lamina con rodillo de tinta

1.1.6. Análisis de muestras si no satisface 1.1.1.

Químico (Laboratorios)
Electrolito
Metalografico
Mecánico

1.2. Accesorios se verifica la siguiente:

1.2.1. Descripción de la pieza según plano aprobado

1.2.2. Certificado de Calidad

Fabricante
Marca
Equivalente
Recomendaciones
Asistencia Técnica

1.2.3. Estampe

Placa o Sello de identificación del material
Remisión descripción del material
Empaque tipo
Marcado se asigna la OT. o referencia del equipo

1.2.4. Dimensiones

Tamaño
Diámetro
Ajuste
Cantidad

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

1.2.5. Acabados

Chequeo de superficies
Maltrato
Tipo de acabado
Empaque

1.2.6. Almacenaje

Sitio apropiado
Aislado de contaminación
Identificación

2. PROCEDIMIENTOS

2.1. Información de Ingeniería se verifica la siguiente:

Planos aprobados
Detalle de la orden de producción
Norma del cliente
Condiciones de operación y diseño del equipo
Recomendaciones de Ingeniería y cliente

Planos de detalle

Plantillas
Esquemas de distribución de material

2.2. Homologación de Soldadura

Análisis de muestras soldadas (operatividad)
Consumo
Propiedades (químicas- mecánicas y operativas norma
que cumpla (ASME).

Marca fabricante
Certificado de calidad
Asistencia Técnica suministro- empaque
Certificado de conformidad de soldadura homologada

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

2.3. Procedimiento de Soldadura se elabora la siguiente:

Especificación procedimiento de soldadura WPS (ASME Sección IØ Q× 482).
Registro de calificación de procedimiento PQR (ASME Sección IØ Q× 483).
Ensayo no destructivo del PQR radiografía
Análisis químico
Ensayo destructivo del PQR corte
tensión
doblez

2.4. Calificación de Soldadores se elabora la siguiente:

Registro de calificación de soldador WPQ (ASME sección IØ Q× 301)
Calificación de soldadores según requerimientos de producción
Verificar eficiencia del soldador en proceso

2.5. Almacenaje de soldadura se verifica la siguiente:

Empaque
Hornos
Consumo (Calidad)

2.6. Procedimiento de Fabricación se verifica la siguiente:

Procedimientos
Métodos
Herramientas
Reparaciones
Ensamblés
Pruebas

2.7. Homologación de consumibles se verifica la siguiente:

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

- 2.7.1. Abrasivos:
 - Marca
 - Recomendaciones
 - Uso
 - Calidad

- 2.7.2. Gases Industriales
 - Fabricación
 - Marca
 - Recomendaciones
 - Uso
 - Calidad
 - Componentes
 - Pureza (%)

- 2.8. Procedimiento de radiografía:
 - Inspección radiográfica según cálculos (100%. SPOT)
 - Esquema de inspección
 - Identificación radiográfica
 - Toma según procedimiento
 - Calificación radiográfica según norma (ASME- API)
 - Informe radiográfico
 - Archivo de películas

- 3. PROCESO DE FABRICACION

- 3.1. Lamina se verifica la siguiente:

- 3.1.1. Corte de material
 - Trazo según esquema de distribución
 - Corte (plasma- oxi-acetileno sierra, cizalla)
 - Devolución de laminas de sobrantes y retales
 - Identificación de partes cortadas

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

3.1.2. Pre armado de tapas y fondos

Armado en plano de partes
Dimensiones
Identificación de partes
Procedimiento de soldadas partes
Inspección de soldadura terminada

3.1.3. Formación tapas y Fondos

Plantilla para formado (abombado- cono- plano- etc.)
Herramientas
Proceso de formado
Formado final comparación con plantilla
chequeo dimensional (según diseño)
chequeo espesores (ultrasonido)

3.1.4. Soldadura tapas y Fondos

Limpieza de soldaduras
Inspección de tintas penetrantes
radiografía
Reparaciones

3.1.5. Pre-armado de cuerpos

Armado de plano en partes según distribución
Dimensiones
Procedimiento de soldadas partes
Inspección soldaduras terminadas

3.1.6. Formado de Cuerpo

Rolado curvatura
redondez (plantilla)
Empalme cierre de anillos
Dimensiones longitud
perímetros

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

3.1.7. Soldadura Cuerpos

Limpieza de soldaduras (decapado)
Inspección de tintas penetrantes
radiografía
Reparaciones

3.1.8. Pulimento cuerpos→ tapas y Fondos

Procedimiento
Tipo
Pulimento de soldaduras interiores o exteriores
Pulimento de superficies interiores o exteriores

3.1.9. Ensamble cuerpos→ tapas y Fondos

Orientación de soldaduras
Ubicación de fondo y tapas con cuerpos
Técnicas de soldeo
Soldaduras limpieza (decapado)
Inspección de tintas penetrantes
radiografía
Reparaciones

3.2. Accesorios a fabricar se verifica la siguiente:

3.2.1. Corte de material

Trazo según esquema de fabricación
Corte (plasma→ oxi-acetileno→ sierra→ cizalla)
Devolución de laminas sobrantes o retales
Identificación de partes cortadas

3.2.2. Maquinado

Trazo
Acabados
Dimensiones
Cantidades
Ensamble de partes (tolerancias)

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

3.2.3. Pruebas y Ensayos

Planitud
 Redondez
 Concentricidad
 Fugas
 Nivelación
 Tipo de acabado
 Identificación

4. ENSAMBLE DE ACCESORIOS Y SOPORTES

4.1. Ubicación del cuerpo:

Trazo y orientación según plano
 Apertura de orificios
 Presentación y nivelación de accesorios

4.2. Soldeo en el Cuerpo:

Procedimiento de soldeo
 Limpieza de las soldaduras (decapado)
 Inspección de soldadura tintas penetrantes
 radiografía
 reparaciones

4.3. Ensamble de tuberías y camisas

Trazo y distribución en el cuerpo
 Armado de parteó en formaleta
 Nivelación de soldaduras de parteó en formaleta
 Formado de partes plantillas
 dimensiones
 acabados
 Ensamble en cuerpos orientación
 trazo
 soldeo
 acabado

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

4.4. Ensamble de agitación:

Nivelación del equipo
Acople de parteó según procedimiento
Ajuste de parteó según procedimiento
Lubricación ù controles
Chequeo de dimensiones finales

5. PRUEBA FINAL DEL EQUIPO

5.1. Pruebas neumáticas

Para tuberías y camisas (control, flujo, manómetros)
Acta de pruebas
Reparaciones
Acta de prueba final

5.2. Pruebas Hidráulicas

Para cuerpos. Camisas. tubería (entrada de agua ò controlada), bomba manual, manómetros.
Acta de prueba
Reparaciones
Acta de prueba final

5.3. Pruebas de Agitación

5.3.1. En vacío:

Control consumo motor amp. volt. temp. rpm. sal
Control agitador rpm- nivelación- temp- centricidad
Acta de prueba

5.3.2. Con Carga

Control consumo motor amp. Volt. Temp. Rpm. sal
Control agitador rpm. Nivelación. tiempo. centralidad
Acta de prueba

5.3.3. Medidas Finales

La copia del plano de fabricación

	PLAN DE INSPECCION GENERAL DE FABRICACION	No. 1
DESCRIPCION DEL PROCESO DE INSPECCION PARA LA FABRICACION DE EQUIPOS EN PLANTA Y/O CAMPO.		
ELABORO: JORGE CASTRO	REVISION: 0	

5.4. Limpieza General:

Pintura anticorrosiva (parteó en acero al carbono)
Descontaminación (pasivo)
Colocar placa de identificación.

6. HOJA DE VIDE DEL EQUIPO

Certificado de conformidad y calidad (cumplimiento de normas)
Copia sub ordenes
Certificado de materiales
Procedimiento de soldadura y calificación
Calificación soldadores
Reporteó de pruebas y ensayos
Copia placa de identificación→ recomendaciones
Copia dibujos constructivos